



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**CONCEPÇÃO DE PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO
POR HIDRANTES NO INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS
DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA E RESERVATÓRIOS DO
CAMPUS DARCY RIBEIRO**

LUCAS SOARES FERNANDES

ORIENTADOR: LEONARDO ZANDONADI MOURA

CO-ORIENTADOR: SÉRGIO KOIDE

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2

BRASÍLIA / DF 05 DE JULHO / 2018

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**CONCEPÇÃO DE PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO
POR HIDRANTES PARA O INSTITUTO CENTRAL DE
CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA E
RESERVATÓRIOS DO CAMPUS DARCY RIBEIRO**

LUCAS SOARES FERNANDES

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

Leonardo Zandonadi Moura, D.Sc (UnB)
(ORIENTADOR)

Sérgio Koide, Dr. D.Sc (UnB)
(CO-ORIENTADOR)

Betânia Severino Botelho (CEPLAN-UnB)
(EXAMINADOR EXTERNO)

Cláudia Márcia Coutinho Gurjão, D.Sc (UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 05 de julho de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

FERNANDES, LUCAS SOARES

Concepção de projeto de combate a incêndio por hidrantes para o Instituto Central de Ciências da Universidade de Brasília e reservatórios do Campus Darcy Ribeiro: [Distrito Federal] 2018.

x, 81 p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2018)

Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Plano de Prevenção e Combate a Incêndio

2. Reserva Técnica de Incêndio

3. Projeto de Combate a Incêndio

I. ENC/FT/UnB

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FERNANDES, L. S. (2018). Concepção de projeto de combate a incêndio por hidrantes para o Instituto Central da Universidade de Brasília reservatórios do Campus Darcy Ribeiro. Monografia de Projeto Final, Publicação 2018, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 81 p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Lucas Soares Fernandes

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Concepção de projeto de combate a incêndio por hidrantes para o Instituto Central da Universidade de Brasília reservatórios do Campus Darcy Ribeiro .

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2018

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias deste relatório de estágio supervisionado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte deste relatório de estágio supervisionado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

Lucas Soares Fernandes
SQN 404 Bloco J Apt. 201
70.845-100 Asa Norte
Brasília – DF

RESUMO

Um dos grandes problemas da engenharia no Brasil é a ausência de cultura de segurança contra incêndio nas edificações. Se esse problema ainda ocorre mesmo com as exigências das normas técnicas da ABNT e do corpo de bombeiros de cada estado, no passado essa cultura era praticamente inexistente. A Universidade de Brasília possui edificações antigas que antecedem as normas técnicas pertinentes ao projeto de combate a incêndio, e por esta razão, grande parte das edificações não possuem um sistema que ofereça segurança aos usuários e para seu patrimônio. O presente trabalho tem como foco principal o Instituto Central de Ciências, devido a este possuir a maior área construída dentre as edificações do Campus Darcy Ribeiro e principalmente pela alta concentração de pessoas no local. Foi proposta uma concepção de projeto de instalação hidráulica de combate a incêndio para o Instituto Central de Ciências utilizando o Castelo d'água existente na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro, distante aproximadamente novecentos metros. O castelo d'água possui volume suficiente para a reserva técnica de incêndio e carga hidráulica suficiente para alimentar o sistema de hidrantes por gravidade. Foram propostos dois traçados alternativos de adutoras para cumprir essa finalidade. Paralelamente foram calculadas as reservas técnicas de incêndio de outras edificações e foi avaliado o uso de reservatórios por grupo de edificações, cujo volume pode ser utilizado tanto para consumo humano quanto para a reserva técnica de incêndio.

Palavras-chave: Reserva técnica de incêndio. Combate a incêndio. Plano de prevenção e combate incêndio. Sistemas de hidrantes e mangotinhos.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	3
1.1.1	OBJETIVOS GERAIS	3
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	PLANO DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO	4
2.2	CONCEITO DE FOGO	4
2.3	FORMAS DE TRANSMISSÃO DE CALOR	6
2.4	MÉTODOS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS	8
2.5	CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	8
2.6	RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO (RTI)	12
2.7	RESERVATÓRIOS	13
2.7.1	MATERIAIS DOS RESERVATÓRIOS	14
2.8	TIPOS DE SISTEMAS SOB COMANDO	14
2.8.1.1	ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE HIDRANTES	18
2.9	CHUVEIROS AUTOMÁTICOS (<i>SPRINKLERS</i>)	19
2.9.1	TIPOS DE SISTEMAS DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	19
2.9.2	REDE DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	22
2.10	SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE INCÊNDIO	23
2.11	SIMULADOR HIDRÁULICO – EPANET 2.0 BRASIL	25
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
4	METODOLOGIA	37
4.1	DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO	39
4.1.1	MATERIAL	42
4.1.2	DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO	43
4.1.3	PERDAS DE CARGA	43
4.1.4	ESTIMATIVA DE QUANTITATIVOS (CONEXÕES E PEÇAS HIDRÁULICAS)	46

4.1.5	PRESSURIZAÇÃO DA REDE	46
4.1.6	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE HIDRANTES	47
4.1.7	DIMENSIONAMENTO DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	49
4.1.7.1	CÁLCULO POR TABELAS	50
4.1.7.2	CÁLCULO HIDRÁULICO	52
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1	RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO (RTI)	54
5.2	DIMENSIONAMENTO DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	61
5.3	REDE DE DISTRIBUIÇÃO	66
5.4	ARRANJO HIDRÁULICO DO CASTELO D'ÁGUA	72
6	CONCLUSÃO	76
6.1	RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	77
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXO A - PLANTA DO CASTELO D'ÁGUA		80
ANEXO B - PLANTA DE CORTE DO INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS		81
APÊNDICE A - LEVANTAMENTOS DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE HIDRANTES NO INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS (ICC)		1

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Triângulo do Fogo	5
Figura 2.2 – Quadrilátero do fogo	5
Figura 2.3 – Hidrantes com mangueiras semirrígidas (Mangotinhos)	15
Figura 2.4 – Hidrantes com mangueiras flexíveis (hidrantes convencionais)	15
Figura 2.5 – Chave Stroz, Engate rápido e tampão	17
Figura 2.6 – Abrigo de parede com seus componentes.....	17
Figura 2.7 - Modelo de tubo molhado (Fonte: http://www.sixmotechnologies.com/services-automatic-fire-sprinkler-system.php).....	20
Figura 2.8 - Modelo de tubo seco (Fonte: http://www.sixmotechnologies.com/services-automatic-fire-sprinkler-system.php).....	21
Figura 2.9 – Sistema de chuveiros automáticos (Fonte: Brentano 2005)	22
Figura 2.10 – Painel de Comando Bombasul (Fonte: www.bombasul.com.br).....	24
Figura 2.11 – Sistema jockey mais bomba principal.....	24
Figura 3.1 – Castelo d’água.....	26
Figura 3.2 – Mapa de localização (Fonte: Autor)	27
Figura 3.3 – Interior de uma das células do Castelo d’água.....	28
Figura 3.4 – Sistema de Bombeamento.....	28
Figura 3.5 – Reservatório inferior em planta dividido em câmaras	29
Figura 3.6 – Corte dos reservatórios	29
Figura 3.7 – Fluxograma do arranjo hidráulico atual (Fonte: Autor).....	30
Figura 3.8 – Arranjo hidráulico atual no interior do reservatório elevado.....	30
Figura 3.9 – Modelagem do arranjo hidráulico atual (Fonte: Autor).....	31
Figura 3.10 – Tubulações verticais do reservatório elevado	32
Figura 3.11 – Interligação dos reservatórios	33
Figura 3.12 – Reservatório B	33
Figura 3.13 – Armadura exposta 1	34
Figura 3.14 – Armadura exposta 2.....	34
Figura 3.15 – Peças hidráulicas enferrujadas	34
Figura 3.16 – Mapa com as curvas de nível Projeção: UTM zona 23S (Fonte: Autor).	36
Figura 4.1 – Fluxograma das etapas do estudo	38

Figura 4.2 – Traçado da rede de distribuição do Cenário 1 - Projeção: UTM zona 23S (Fonte: Autor).....	40
Figura 4.3 - Traçado da rede de distribuição do Cenário 2 - Projeção: UTM zona 23S (Fonte: Autor).....	41
Figura 4.4 – Curvas de densidade e área de operação.....	53
Figura 5.1 – Mapa com localização dos reservatórios propostos pelo CEPLAN (Fonte: Autor)	57
Figura 5.2 – Caixa d’água tubular (Stock Caixas)	60
Figura 5.3 – Simulação da rede de distribuição para os Sprinklers	62
Figura 5.4 – Pressão de sucção da bomba para os dois diâmetros simulados (Ø200 e Ø225)	63
Figura 5.5 – Áreas de cobertura por pavimento da VGA para o ICC	65
Figura 5.7 – Cenário 1 e 2 com $C_v = 0,95$	69
Figura 5.8 – Corte do reservatório elevado com proposto	73
Figura 5.9 – Corte do reservatório B com tubulação proposta (Fonte: Autor)	74
Figura 5.10 – Planta dos reservatórios com as novas instalações (Fonte: Autor)	74
Figura 5.11 – Fluxograma com o arranjo hidráulico proposto (Fonte: Autor)	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Distanciamento mínimo entre projeções das edificações em metros (CBMDF) ...	7
Tabela 2.2 - Classificação do risco de incêndio de acordo com as ocupações e usos.....	8
Tabela 2.3 – Classificação quanto a ocupação	10
Tabela 2.4 – Classificação dos edifícios e aplicabilidade dos sistemas	11
Tabela 2.5 – RTI Mínimo de acordo com a classe de risco para edificações de até 2500 m²..	12
Tabela 2.6 - Volume adicional conforme classe de risco para cada 100 m²	13
Tabela 2.7 – Tipos de sistemas de hidrantes e mangotinhos.....	16
Tabela 2.8 – Componentes para cada hidrante simples ou mangotinhos.....	17
Tabela 2.9 – Vazão mínima para esguichos conforme classe de risco	18
Tabela 2.10 – Comprimento e diâmetro das mangueiras	19
Tabela 4.1 – Valores de rugosidade	42
Tabela 4.2 – Diâmetros das tubulações de PEAD.....	42
Tabela 4.3 – Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento.....	49
Tabela 4.4 - Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (tipo spray em pé e pendentes de cobertura padrão).....	50
Tabela 4.5 – Número de chuveiros automáticos acima e abaixo de teto ou forro (risco leve)	51
Tabela 4.6 - Demanda de água para sistemas calculados por tabela.....	51
Tabela 4.7 – Demanda de hidrantes e duração do abastecimento de água (cálculo hidráulico)	52
Tabela 5.1 – RTI para cada edificação da UnB.....	55
Tabela 5.2 – Resumo das RTIs para hidrantes por reservatório.....	58
Tabela 5.3 – Resumo dos volumes de água (RTI dos hidrantes e <i>sprinklers</i> + Demanda hídrica)	59
Tabela 5.4 – Caixa d’água tubular – Stock Caixas.....	60
Tabela 5.5 - Peças hidráulicas e comprimento equivalente (rede de hidrantes e <i>sprinklers</i>)...	64
Tabela 5.6 – Peças hidráulicas e comprimento equivalente (Cenário 1).....	66
Tabela 5.7 - Peças hidráulicas e comprimento equivalente (Cenário 2)	67
Tabela 5.8 – Comparação dos cenários	67
Tabela 5.9 – Perdas localizadas conforme coeficiente de velocidade do requinte.....	68
Tabela 5.10 – Resultado da simulação hidráulica nos nós do cenário 1 (Hazen-Williams)	69
Tabela 5.11 - Resultado da simulação hidráulica nos trechos do cenário 1 (Hazen-Williams)	70

Tabela 5.12 - Resultado da simulação hidráulica nos nós do cenário 1 (Darcy-Weisbach)	70
Tabela 5.13 - Resultado da simulação hidráulica nos trechos do cenário 1 (Darcy-Weisbach)	
.....	70
Tabela 5.14 - Resultado da simulação hidráulica nos nós do cenário 2 (Hazen-Williams).....	71
Tabela 5.15 - Resultado da simulação hidráulica nos trechos do cenário 2 (Hazen-Williams)	71
Tabela 5.16 - Resultado da simulação hidráulica nos nós do cenário 2 (Darcy-Weisbach)	71
Tabela 5.17 - Resultado da simulação hidráulica nos trechos do cenário 2 (Darcy-Weisbach)	
.....	72

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CBMDF	Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal
CEPLAN	Centro de Planejamento Oscar Niemeyer
FT	Faculdade de Tecnologia
ICC	Instituto Central De Ciências
NBR	Norma Brasileira
NT	Norma Técnica
PPCI	Plano de Prevenção e Combate Incêndio
RTI	Reserva Técnica de Incêndios
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
UnB	Universidade de Brasília
VGA	Válvula de Governo e Alarme

1 INTRODUÇÃO

A Universidade de Brasília possui edificações que antecedem as normas técnicas pertinentes ao projeto de combate a incêndio, e por esta razão, grande parte das edificações da UnB não possuem um sistema que ofereça segurança aos usuários e para seu patrimônio.

A engenharia de segurança contra incêndio é a área da engenharia que trabalha na proteção do patrimônio e da vida dos cidadãos, tem como objetivo minimizar o risco à vida e a perda patrimonial decorrentes de incêndios.

Um sistema de proteção contra incêndio e pânico consiste em um conjunto de medidas ativas e passivas. No presente trabalho só serão abordadas as medidas de proteção ativa.

A proteção passiva é relacionada ao sistema construtivo do edifício, sendo funcional durante o uso da edificação, como por exemplo saídas de emergência que permitem maior facilidade para fuga das pessoas no caso de ocorrência de um incêndio e facilitar as ações de salvamento e combate das corporações de bombeiros.

A Proteção ativa, de acordo com a NBR 14432/2000 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), é o tipo de proteção contra incêndio que é ativada em resposta aos estímulos provocados pelo fogo, podendo ser ativada manualmente ou automaticamente por meio de detectores. A proteção ativa é composta basicamente por instalações prediais de proteção contra incêndio, como por exemplo, chuveiros automáticos e hidrantes.

Entender o comportamento do incêndio numa edificação é o primeiro passo para a elaboração do projeto de combate a incêndio. Com o entendimento, será possível conduzir à uma proposição de medidas de proteção contra incêndio eficientes aos propósitos de proteção à vida e ao patrimônio. A seleção dos sistemas de proteção adequados à edificação deve ser feita tendo por base os riscos de início de um incêndio e de sua propagação.

A partir desse contexto, o presente trabalho visa propor melhorias dos sistemas de prevenção contra incêndio em edificações executadas antes das normas técnicas referentes ao combate a incêndio na Universidade de Brasília. Existem várias inconformidades e problemas nas edificações em relação aos critérios pertinentes em normas técnicas.

A rede de distribuição de água da UnB se dá de maneira direta, ou seja, os aparelhos hidráulicos são alimentados diretamente pela rede pública, sem reservatórios para reservar a água. O sistema de combate a incêndio exige uma reserva técnica de incêndio (RTI) com objetivo de

permitir o primeiro combate durante determinado tempo, após este tempo considera-se que o Corpo de Bombeiros atuará no combate, utilizando a rede pública ou caminhões-tanque. Diante disso, o CEPLAN propôs a instalação de 8 reservatórios distribuídos estrategicamente no campus, com objetivo de manter um volume determinado para a RTI e também, secundariamente, abastecer os edifícios.

Além dos 8 reservatórios propostos, o CEPLAN propõe a utilização o castelo d'água presente no campus desde 1986. O Castelo apresenta condições precárias, e exige troca de peças hidráulicas, impermeabilização e um novo arranjo hidráulico. Esse reservatório será utilizado para o abastecimento de água e reserva técnica de incêndio para a maior edificação da UnB, o Instituto Central de Ciências, distante aproximadamente 900 metros.

Um grande problema no Instituto Central de Ciências é a falta de manutenção dos sistemas de combate a incêndio presentes na edificação. O presente trabalho traz uma inspeção de todos os abrigos de incêndio da edificação, relatando todos os componentes ausentes que são obrigatórios segundo as normas técnicas.

No capítulo 2, é feita uma revisão bibliográfica por meio de livros, trabalhos publicados e normas e instruções técnicas vigentes, sites de equipamentos para que se obtenha subsídios para o desenvolvimento de um projeto de sistemas hidráulicos de combate ao incêndio. No capítulo 3, é realizada uma caracterização da área de estudo, inicia-se com uma descrição de sua localização, topografia do local, mapa com as edificações e detalhamento do castelo d'água. Tais informações foram obtidas por meio de visitas técnicas e arquivos disponibilizados pelo CEPLAN. No capítulo 4, tendo como referência a NBR 13.714/2000, NBR 10.897/2014 e normas técnicas do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal, apresenta-se, através da metodologia, uma proposta de sequência de procedimentos para elaboração do projeto de combate a incêndio, como escolha dos sistemas de combate a incêndio e detalhes construtivos do Castelo D'água. No capítulo 5, são apresentados os resultados, a partir da sequência apresentada no capítulo anterior. No capítulo 6, são apresentadas as conclusões e recomendações para futuros trabalhos.

Os resultados obtidos poderão servir de apoio à prefeitura do campus e CEPLAN a fim de colocar em prática as soluções propostas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVOS GERAIS

Proposição de um projeto de instalação de combate a incêndio do Instituto Central de Ciências utilizando o Castelo d'água existente na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro e de volumes de reserva técnica de incêndio (RTI) para outras edificações.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular o volume da RTI para cada edificação da UnB construída antes das normas vigentes.
- Verificar se o reservatório elevado e o reservatório inferior possuem volume e carga hidráulica suficiente para abastecer o Instituto Central de Ciências (ICC) de acordo com as exigências das normas e instruções técnicas do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal;
- Elaborar um novo arranjo hidráulico do Castelo D'água;
- Propor uma concepção de projeto de hidrantes e chuveiros automáticos para o Instituto Central de Ciências (ICC).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para melhor entendimento no tema de prevenção e combate a incêndio é necessário dar um embasamento teórico sobre alguns elementos importantes para o estudo. A linha de raciocínio seguida é: primeiramente estudar sobre as causas de incêndio, propagação do fogo e métodos de extinção, para depois entrar no contexto de projeto, com a finalidade de explicar sobre as classes de incêndio e quais equipamentos de combate ao incêndio serão necessários para a Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro.

As principais referências técnicas utilizadas foram as Normas Técnicas da ABNT e as Instruções Normativas do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

2.1 PLANO DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO

Itens a serem conferidos e realizados na análise do trabalho:

- A classe de risco da edificação;
- O volume necessário para a RTI;
- Caso o reservatório também seja utilizado para o consumo de água da edificação, deve-se cotar a saída da canalização e o fundo do reservatório;
- O tipo e as dimensões das canalizações utilizadas no sistema;
- O tipo e localização do reservatório utilizado para armazenar a RTI;
- Acionamento automático e manual das bombas de incêndio, caso necessário;
- Quantidade de bombas de incêndio de pressurização da rede;

2.2 CONCEITO DE FOGO

Para o desenvolvimento de um projeto de prevenção e combate a incêndio eficiente é de extrema importância conhecer a mecânica do fogo em todos os seus aspectos: causas, formação e suas consequências.

Segundo Brentano (2005) o fogo pode ser definido como: Uma reação química, denominada combustão, que é uma oxidação rápida entre o material combustível (sólido, líquido ou gasoso), e o oxigênio do ar, provocada por uma fonte de calor.

A partir dessa definição temos que para que haja ocorrência do fogo deve haver concorrência simultânea de três elementos: combustível, comburente e fonte de calor. Essa combinação desencadeará o processo de queima formando o Triângulo do fogo (Figura 2.1).

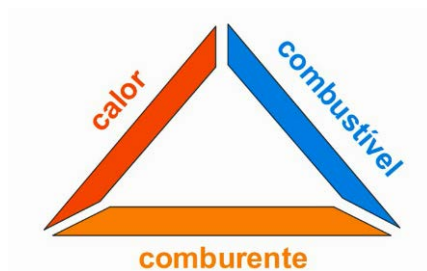


Figura 2.1 – Triângulo do Fogo

- **Combustível:** É toda matéria suscetível de queimar em que ao mesmo tempo que alimenta o fogo, serve de campo de propagação para o mesmo. Pode estar no estado sólido, líquido ou gasoso.
- **Comburente:** Trata-se do oxigênio existente no ar atmosférico, que é o agente químico que ativa e conserva a combustão combinando-se com os gases ou vapores do combustível, formando uma mistura que é inflamável. Em ambientes mais abertos onde há boa circulação do ar, portanto mais ricos em oxigênio, as chamas são intensificadas por ocasião de um incêndio.
- **Calor:** É o elemento que dá início ao fogo, mantém e incentiva a propagação do fogo, ou seja, é o provocador da reação química da mistura inflamável. Pode ser resultado da ação da luz solar, raios, curto-circuito em redes elétricas ou mesmo de descuidos humanos, como pontas de cigarros, velas acesas e aparelhos aquecedores.

A representação do triângulo do fogo é uma representação didática presente nas bibliografias. Na realidade, existe um quarto elemento, sem o qual o fogo não se mantém: A reação química em cadeia, portanto, uma representação mais adequada é a do quadrilátero do fogo (Figura 2.2).



Figura 2.2 – Quadrilátero do fogo

Para que haja a propagação do fogo após a sua ocorrência, deve haver a transferência de energia de uma molécula em combustão para outra intacta que entre em combustão sucessivamente. Os combustíveis, após entrarem na fase de combustão, geram mais calor. Esse calor vai gerar o desprendimento de mais fases combustíveis que, novamente combinados com o oxigênio do ar, darão continuidade à reação de combustão (BRENTANO, 2005).

2.3 FORMAS DE TRANSMISSÃO DE CALOR

É de extrema importância tanto no estudo de prevenção quanto de extinção do fogo, ter o conhecimento de como o calor pode ser transmitido. A propagação ou transmissão de calor se dá de três formas distintas e algumas vezes associadas, que são:

- **Condução:** É a transmissão de calor, de uma molécula para outra, de um ponto de maior temperatura para outro de menor temperatura. Como por exemplo, pelas próprias labaredas, que passam de pavimento para outro através das janelas, inflamando as cortinas e outros materiais combustíveis.
- **Convecção:** É a transmissão de calor através do movimento da matéria, através do meio circulante, gás ou líquido. Segundo Pereira e Popovic (2007) a transmissão do calor por convecção ocorre quando o fluido aquecido se desloca do local em incêndio até outro local, levando quantidade de calor suficiente para que os materiais combustíveis tenham condições de entrar em combustão, fazendo com que ocorra um novo foco de incêndio. Um exemplo de correntes de convecção acontece nos prédios, quando esta se propaga através dos poços de elevadores ou tubulações de ventilação.
- **Irradiação:** Diferentemente das outras formas de transmissão de calor, a irradiação não depende de nenhum meio para condução de calor. Segundo Brentano (2005) a propagação se dá por meio de ondas ou raios caloríficos gerados por um corpo aquecido, que irradia calor em todas as direções que atravessam o ar.

A partir dessas definições, nota-se que um fator muito importante a ser considerado no projeto de prevenção e combate a incêndio é a proximidade entre as edificações, pois essa distância pode gerar novos incêndios nas edificações vizinhas através das três formas de propagação.

O Instituto Central de Ciências (ICC) é um exemplo de edificação que pode ter este tipo de incêndio visto que possui dois blocos próximos. Porém, a NT nº 027/2016 – CBMDF traz

uma definição de edificações isoladas, que são as edificações que obedecem aos distanciamentos previstos (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Distanciamento mínimo entre projeções das edificações em metros (CBMDF)

		Risco			
		Baixo	Médio		Alto
	A	B1	B2	C1	C2
A	Parede Cega	Parede Cega	5,0	7,0	9,0
B1	Parede Cega	Parede Cega	5,0	7,0	9,0
B2	5,0	5,0	5,0	7,0	9,0
C1	7,0	7,0	7,0	7,0	9,0
C2	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0

O ICC se caracteriza como edificação do tipo B1, essas classes serão abordadas no item 2.5. A distância entre o bloco A e B do ICC é superior a 10 metros, ou seja, mesmo se a edificação fosse caracterizada como C2 (risco alto) ela atenderia a distância mínima de uma edificação isolada.

2.4 MÉTODOS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS

Segundo Brentano (2005) existem dois métodos de proteção contra incêndio, são eles: proteção passiva e proteção ativa.

As medidas de proteção passiva são aquelas tomadas durante a fase de elaboração do projeto arquitetônico como por exemplo saídas de emergência, controle dos materiais de revestimento e sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA).

Já as medidas de proteção ativa, cuja medida é o objetivo do presente trabalho, são aquelas tomadas quando o fogo já está ocorrendo. São sistemas e equipamentos que devem ser acionados e operados, de forma manual ou automática para combater o foco do fogo, como por exemplo, sistema de chuveiros automáticos, hidrantes ou mangotinhos, extintores e detecção e alarme de incêndio.

2.5 CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

Toda edificação apresenta um nível de risco que é determinado pela classificação dada por norma ou por lei, de acordo com as suas características construtivas, uso e ocupação. No presente item, as edificações serão classificadas segundo a NBR 13714/2003 e pela norma técnica NT nº 02/2016 do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

A norma técnica nº 02/2016 – CBMDF classifica as edificações em grupos conforme suas ocupações e usos. Para a determinação do risco de incêndio aplica-se a Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Classificação do risco de incêndio de acordo com as ocupações e usos

Ocupação/uso	Risco					
	Baixo		Médio		Alto	
	A		B-1	B-2	C-1	C-2
Residenciais	– Casas térreas e assobradas, isoladas ou não; – condomínios horizontais de residências unifamiliares; – condomínios verticais de apartamentos.		–	–	–	–

Tabela 2.2 (continuação) - Classificação do risco de incêndio de acordo com as ocupações e usos

Ocupação/uso	Risco				
	Baixo	Médio		Alto	
	A	B-1	B-2	C-1	C-2
Serviços profissionais	<ul style="list-style-type: none"> – Agências bancárias; –agências de correios; –barbearias; –cabeleireiros; –cartórios; –centros profissionais; –chaveiros; –escritórios administrativos e técnicos; –laboratório de análises clínicas; –instituições financeiras; –postos policiais; –quartéis. –repartições públicas. 	<ul style="list-style-type: none"> –assistência técnica, reparação e manutenção de aparelho eletrodoméstico; –centro de processamento de dados; –estúdios de rádio; –gravação de áudio; –laboratórios técnico- científicos; –pintura de letreiros. 	<ul style="list-style-type: none"> –almoxarifados; –centrais de polícia; –clínicas radiológicas; –clínicas de radioterapia; –delegacias; –estúdios de gravação de imagem; –estofamento de móveis; –estúdios de cinema e televisão; –laboratórios de análises radiológicas; –lavanderias a seco. 	<ul style="list-style-type: none"> –aplicação de líquidos inflamáveis; –limpeza com solventes; –pintura e envernizamento por imersão; –pintura por fluorcoating. 	–
Escolares	<ul style="list-style-type: none"> –escolas com área até 200 m², e; –academias de ginásticas, musculação, esportes e artes marciais. 	<ul style="list-style-type: none"> –escolas com área superior a 200 m², e; –creches; –escolas maternas e de educação infantil –escolas profissionais; –escolas para idosos; –saunas. 	<ul style="list-style-type: none"> –escolas para portadores de necessidades especiais. 	–	–
Concentração de público	<ul style="list-style-type: none"> –bares; –estação rodoviária; –igrejas; –mesquitas; –sala de reuniões; –sinagogas; –restaurantes; –templos. 	<ul style="list-style-type: none"> –auditórios; –bares e restaurantes dançantes; –bibliotecas e assemelhados; –boates; –cinemas; –danceterias; –estação metroviária; –estação ferroviária; –estádios; –galerias de arte; –ginásios; –loais de exposições permanentes; –museus; –teatros; –salões diversos. 	<ul style="list-style-type: none"> –aeroporto; –autódromo; –kartódromo; –casa de jogos; –clubes noturnos em geral; –feiras de exposições itinerantes; –salão de clubes sociais; –salão de festas ou bailes. 	<ul style="list-style-type: none"> –circos e assemelhados –estruturas provisórias (arquibancadas, palanques, palcos e tendas); –parque de diversões; –qualquer atividade ou evento com espetáculo pirotécnico em ambiente aberto. 	<ul style="list-style-type: none"> –qualquer edificação com espetáculo pirotécnico em ambiente fechado – indoor.

A Tabela 2.3 apresenta a classificação das edificações quanto a ocupação, dividida em grupos conforme NT nº 1 do CBMDF.

Tabela 2.3 – Classificação quanto a ocupação

Ocupações e Uso	Grupo	Descrição	Exemplos
Residenciais	1	Residenciais unifamiliares	-Casas térreas ou assobradas, isoladas ou não
	2	Residenciais multifamiliares	- Condomínios verticais de apartamentos -condomínios horizontais de residências unifamiliares
Transitórias	3	Habitações coletivas	- Pensionatos, internatos, alojamentos estudantis, alojamentos em geral - mosteiros, conventos
	4	Hotéis	-Hotéis, motéis
			-Pousadas, pensões, hospedarias, albergues, casa de cômodos
	5	Hotéis residenciais	-Hotéis residenciais, apart-hotéis, flats
			-Hotéis e assemelhados com cozinha própria
Comerciais	6	Comércio de pequeno porte	-Pequenas lojas, armarinhos, mercearias, butiques
			-Drogarias, padarias, frutarias, açougues
	7	Comércio de médio porte	- Edifícios de lojas, galerias comerciais, lojas de departamentos, magazines - mercados, supermercados
	8	Comércio de grande porte	-Conjuntos comerciais, shopping centers
			-Hipermercados, feiras permanentes
Serviços profissionais	9	Escritórios	-Escritórios administrativos ou técnicos, repartições públicas
			-Quartéis, postos policiais, centros policiais, delegacias
			-centros profissionais, cabeleireiros, barbeiros
	10	Agências bancárias	-Agências bancárias, instituições financeiras
			-Agências dos correios
	11	Laboratórios e estúdios	-Laboratórios de análises clínicas
			-Laboratórios químicos e fotográficos, gravações de áudio e imagem
Escolares	12	Serviços de reparação	-Estúdios de rádio e televisão sem concentração de público
			-reparação E manutenção de eletrodomésticos
	13	Escolas em geral	-Lavanderias, assistência técnica, chaveiros, pintura de letreiros
			-Escolas de ensino fundamental, médio e nível superior
	14	Escolas especiais	-Cursos supletivos e pré-universitários
			-Escola de artes e artesanatos, de línguas, de cultura geral
	15	Locais para cultura física	-escolas profissionais
			-academias de ginástica, musculação, natação, dança, e artes marciais
	16	Pré-escolas	-saunas, casas de fisioterapia
			-creches
	17	Escolas para portadores de deficiências	-escolas maternas e de educação infantil
			-escolas para excepcionais, deficientes visuais e auditivos

Tabela 2.3 (continuação) - Classificação quanto a ocupação

Ocupações e Uso	Grupo	Descrição	Exemplos
Concentração de público	18	Museus e bibliotecas	-museus, galerias de arte, locais de exposição
			-bibliotecas, centro de documentos históricos
	19	Templos religiosos	-templos, igrejas, capelas, sinagogas, mesquitas
			-cemitérios, crematórios
	20	Centros esportivos e de exibição	-estádios, ginásios, arenas, rodeios, sambódromos, autódromos e kartódromos, todos com população inferior a 2500 pessoas
	21	Terminais de passageiros	-aeroportos, estações metroviárias, ferroviárias e rodoviárias
	22	Artes cênicas e auditórios	-teatros, cinemas
			-auditórios, salas de reuniões
	23	Clubes sociais	-Boates, danceterias, salões diversos e casas de jogos
			-restaurantes dançantes
	24	Construções provisórias	-Construções provisórias para público, circos, arquibancadas
	25	Restaurantes	-Restaurantes, bares, lanchonetes, refeitórios, cantinas

Já na NBR 13714/2003, as edificações com área construída superior a 750 m² e/ou altura superior a 12 metros são classificadas conforme a Tabela 2.4. As edificações da UnB se enquadram no Grupo E, portanto, seu sistema é do tipo 1. Os tipos de sistema serão abordados no item 2.8.

Tabela 2.4 – Classificação dos edifícios e aplicabilidade dos sistemas

Grupo	Ocupação/uso	Sistema	Divisão	Descrição	Exemplos
A	Residencial	1 ¹⁾	A-1	Habitacões multifamiliares	Edifícios de apartamentos em geral
B	Serviços de hospedagem	1 ²⁾	B-1	Hotéis e assemelhados	Hotéis, motéis, pensões, hospedarias, albergues, casas de cômodos)
			B-2	Hotéis residenciais	Hotéis e assemelhados, com cozinha própria nos apartamentos (incluem-se apart-hotéis, hotéis residenciais)
C	Comercial varejista	2	C-1	Comércio em geral, de pequeno, médio e grande portes	Amarinhos, tabacarias, mercearias, fruteiras, butiques e outros Edifícios de lojas, lojas de departamentos, magazines, galerias comerciais, supermercados em geral, mercados e outros
			C-2	Centros comerciais	Centros de compras em geral (<i>shopping centers</i>)
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	1 ²⁾	-	Locais para prestação de serviços	Escritórios administrativos ou técnicos, consultórios, instituições financeiras, agências bancárias, lavanderias, reparação e manutenção de aparelhos eletrodomésticos, pintura de letreiros, repartições públicas, cabeleireiros, laboratórios de análises clínicas sem internação, centros profissionais e outros
E	Educacional e cultura física	1 ²⁾	-	Escolas em geral	Escolas em geral, locais de ensino, inclusive de artes marciais e ginástica, esportes coletivos, saunas, casas de fisioterapias, escola para excepcionais, creches, escolas maternais, jardins de infância e outros

A classificação dos riscos das ocupações de acordo com a NBR 10897/2014 é aplicada somente às instalações de chuveiros automáticos e seus abastecimentos de água. As edificações da UnB podem ser classificadas da seguinte forma:

- Ocupação de risco leve: Ocupações isoladas onde o volume e/ou combustibilidade do conteúdo são baixas como por exemplo edifícios residenciais, escolas, escritórios e hospitais.
- Ocupação de risco ordinário: Podem ser divididas em 2 grupos: Grupo I onde a combustibilidade é baixa e a quantidade de combustíveis é moderada, altura de armazenamento não excede 2,4 m. são esperados incêndios com moderada taxa de liberação de calor; Grupo II onde a quantidade e a combustibilidade do conteúdo é de moderada a alta e a altura de armazenamento não pode exceder 3,7m. são incêndios com alta taxa de liberação de calor.
- Ocupação de risco extra ou extraordinário: Ocupações onde a quantidade e combustibilidade do conteúdo são muito altas. Neste grupo as ocupações não podem possuir líquidos combustíveis e inflamáveis.

2.6 RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO (RTI)

Segundo a NT nº 4 do CBMDF, a reserva técnica de incêndio (RTI) é o volume de água destinado exclusivamente à utilização em caso de incêndio. Sua função é possuir um volume mínimo suficiente para permitir o primeiro combate ao incêndio, podendo controlar ou manter o incêndio sob controle até a chegada do corpo de bombeiro ao local.

A RTI tem um valor fixo mínimo de acordo com a classe de risco da edificação conforme a norma técnica nº 4 do CBMDF. A Tabela 2.5 apresenta o volume mínimo que deve ser adotado.

Tabela 2.5 – RTI Mínimo de acordo com a classe de risco para edificações de até 2500 m²

Classe de Risco	Volume (L)
A	4200
B1	6600
B2	9000
C1	1500
C2	22500

Fonte: CMBDF

Importante ressaltar que a Tabela 2.5 somente se aplica a edificações que possuam área construída de até 2500m². Como algumas edificações da UnB possuem área superior, a cada 100m² a mais, ou fração, deve ser acrescida na RTI a quantidade de água especificada na Norma Técnica nº 4 do CBMDF. A Tabela 2.6 apresenta o volume de água a ser acrescido conforme a classe de risco.

Tabela 2.6 - Volume adicional conforme classe de risco para cada 100 m²

Classe de Risco	Volume (L)
A	100
B1	120
B2	140
C1	180
C2	220

Fonte: CMBDF

2.7 RESERVATÓRIOS

Os reservatórios que serão utilizados para a RTI, também serão utilizados para o abastecimento de água na UnB como mencionado anteriormente. Os volumes de água desses reservatórios foram obtidos a partir do cálculo da RTI para cada edificação e através dos dados obtidos pelo trabalho final de Oliveira (2018), cujo objetivo geral era auxiliar na solução dos problemas de crise hídrica na Universidade de Brasília.

A altura dos reservatórios elevados ou a capacidade das bombas devem suprir a vazão e pressão mínima exigidas. Preferencialmente deve ser utilizado para abastecimento do sistema de hidrantes o mesmo reservatório destinado ao consumo normal da edificação, assegurada a RTI prevista na Norma Técnica nº 4 do CBMDF, mediante diferença entre as saídas da rede preventiva pelo fundo do reservatório, e a de distribuição geral (água fria), que sairá obrigatoriamente pela lateral desse.

2.7.1 MATERIAIS DOS RESERVATÓRIOS

Para a escolha do material e da localização dos reservatórios deverão ser obedecidos alguns critérios segundo a NT nº 4 do CBMDF:

- O reservatório deverá ser resistente a 4 horas de fogo;
- Quando o reservatório for de polietileno ou metálico, deverá ter um distanciamento mínimo de 3 metros da edificação;
- A canalização do dreno de limpeza deve ser metálica, pelo menos até o registro.

2.8 TIPOS DE SISTEMAS SOB COMANDO

O sistema sob comando é formado por uma rede de tubulações, com função de conduzir a água da RTI até o ponto onde o fogo deve ser combatido. Para este sistema entrar em funcionamento, é necessário a ação do homem, por este motivo é caracterizado como um sistema sob comando.

Os pontos do sistema sob comando são abastecidos por água automaticamente com a abertura de um hidrante ou mangotinhos em qualquer ponto da instalação, por gravidade e/ou por um sistema de bombas de incêndio.

O sistema de hidrantes do Instituto Central de Ciências – ICC será dimensionado a partir do castelo d'água presente no campus, como mencionado em itens anteriores.

De acordo com a NBR – 13174/2003 – Sistemas de Hidrante e Mangotinhos, os sistemas sob comando são divididos em:

- Sistema de Mangotinhos: É um sistema constituído por tomadas de incêndio, instalado em pontos estratégicos para combater ao incêndio, onde há uma saída de água (simples), contendo válvula de abertura rápida permanente acoplada em uma mangueira semirrígida, com diâmetro nominal de 25 ou 32 mm em cuja extremidade contém um esguicho regulável (Brentano, 2005). A Figura 2.3 apresenta uma foto do sistema.



Figura 2.3 – Hidrantes com mangueiras semirrígidas (Mangotinhos)

- Sistema de Hidrantes: Sistema presente no Instituto Central de Ciências – ICC, é um sistema constituído por tomadas de incêndio, onde pode haver uma (simples) ou duas (dupla) saídas de água, contendo válvulas angulares de 65 mm ou 40 mm de diâmetro nominal, de acordo com o diâmetro da mangueira de hidrante (Brentano, 2005). No ICC este sistema está abrigado em caixas de incêndio que já contêm mangueiras de hidrantes e esguichos. A Figura 2.4 apresenta uma foto de um sistema de hidrantes.



Figura 2.4 – Hidrantes com mangueiras flexíveis (hidrantes convencionais)

Importante ressaltar sobre o sistema atual do ICC, apesar de possuir todas as tomadas de incêndio, a grande maioria dos abrigos de incêndio não possuem os acessórios necessários para um combate ao incêndio. O apêndice A traz um registro fotográfico com o objetivo de realizar um levantamento dos componentes do sistema no ICC.

Entender os equipamentos necessários para os sistemas sob comando e quais parâmetros de dimensionamento devem ser obedecidos é de extrema importância para o projeto. Portanto será definido a seguir os dispositivos que compõem o sistema de hidrantes.

Esguicho é um dispositivo conectado na extremidade da mangueira de incêndio que tem como função direcionar o jato d'água para o combate a incêndio, podendo ser do tipo regulável ou de jato compacto (NBR - 13714/2003).

Requinte é um acessório conectado na ponta do esguicho que serve para dar a forma ao jato d'água (NT nº 4 - CBMDF).

De acordo com a NBR 13714/2003, os tipos de sistemas de hidrantes e mangotinhos são dados pela

Tabela 2.7 e os componentes na Tabela 2.8.

Tabela 2.7 – Tipos de sistemas de hidrantes e mangotinhos

Tipo	Esguicho	Mangueiras		Saídas	Vazão (L/min)
		Diâmetro (mm)	Comprimento máximo (m)		
1	Regulável	25 ou 32	30	1	80 ou 100
2	Jato Compacto Ø16 mm ou regulável	40	30	2	300
3	Jato Compacto Ø25 mm ou regulável	65	30	3	900

Tabela 2.8 – Componentes para cada hidrante simples ou mangotinhos

Materiais	Tipos de sistemas		
	1	2	3
Abrigo (s)	Sim	Sim	Sim
Mangueira (s) de Incêndio	Não	Sim	Sim
Chaves para hidrante, engate rápido	Não	Sim	Sim
Esguicho (s)	Sim	Sim	Sim
Mangueira semirrígida	Sim	Sim	Não

Os componentes listados na Tabela 2.8 estão apresentados nas Figuras 2.5 e 2.6.



Figura 2.5 – Chave Stroz, Engate rápido e tampão

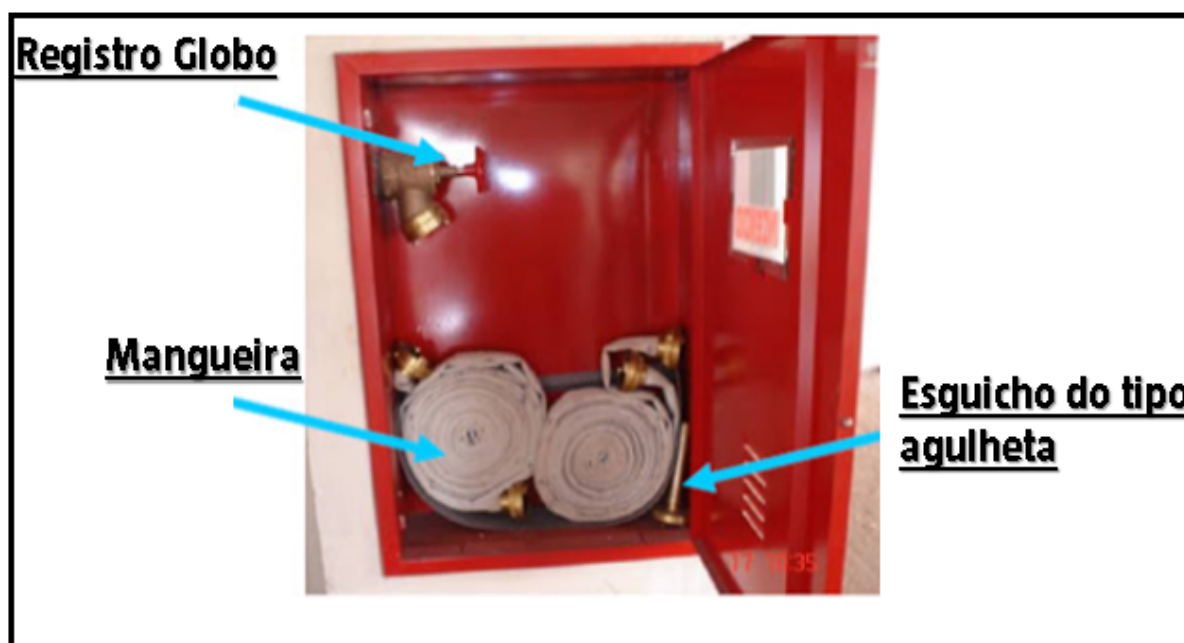


Figura 2.6 – Abrigo de parede com seus componentes

Definidos os acessórios, cabe mencionar que as normas supracitadas exigem alguns requisitos de dimensionamento. A pressão mínima exigida na saída do requinte é de 1 kgf/cm² (10 m.c.a) e a máxima de 40 kgf/cm² (40 m.c.a). Ainda, o jato d'água deve atingir uma distância mínima de 10m, com o esguicho na posição horizontal a 1m de altura.

As vazões mínimas exigidas na saída dos esguichos para cada tipo de risco são indicadas na Tabela 2.9 (NT nº 4 - CBMDF).

Tabela 2.9 – Vazão mínima para esguichos conforme classe de risco

Classe de Risco	Vazão (L/min)
A	140
B1	220
B2	300
C1	500
C2	750

Fonte: CBMDF

2.8.1.1 ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA DE HIDRANTES

De acordo com a NT nº4 do CBMDF, os hidrantes devem ser instalados obedecendo aos seguintes critérios:

- Devem ser instalados em locais estratégicos para evitar que fiquem bloqueados pelo fogo;
- A distância entre os hidrantes não pode ultrapassar 30m;
- Deve haver, no mínimo, um hidrante por pavimento;
- Devem ser instalados de forma visível, buscando pontos externos próximos às entradas e, quando afastados dos prédios, nas vias de acesso.

O comprimento e diâmetro das mangueiras a serem conectadas aos hidrantes são determinados de acordo com a Tabela 2.10.

Tabela 2.10 – Comprimento e diâmetro das mangueiras

Classe de Risco	Linhas de Mangueira	
	Comprimento Máximo (m)	Diâmetro (mm)
A, B1 e B2	30	38
C1 e C2	30	38 ou 63

Fonte: CBMDF

2.9 CHUVEIROS AUTOMÁTICOS (*SPRINKLERS*)

O CBMDF não possui norma técnica específica para chuveiro automáticos, portanto o dimensionamento do sistema seguirá as normas técnicas da NBR 10897/2014.

Chuveiros automáticos são dispositivos com função de extinguir ou controlar o incêndio, quando seu elemento termossensível é aquecido à sua temperatura de operação ou acima dela, o dispositivo aciona automaticamente os *sprinklers* (NBR - 10897/2014).

Um sistema de chuveiros automáticos é controlado por uma válvula de controle automático que atende uma área de proteção, de acordo com a classe de risco da edificação.

2.9.1 TIPOS DE SISTEMAS DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

Os sistemas de chuveiros automáticos podem ser classificados em quatro tipos.

- Sistema de tubo molhado: Este sistema constitui-se de uma rede de tubulação fixa, contendo água sob pressão de forma permanente, onde estão instalados chuveiros automáticos em seus ramais. O combate ao incêndio é feito apenas pelos chuveiros ativados pelo calor do incêndio. A Figura 2.7 apresenta um modelo do sistema.

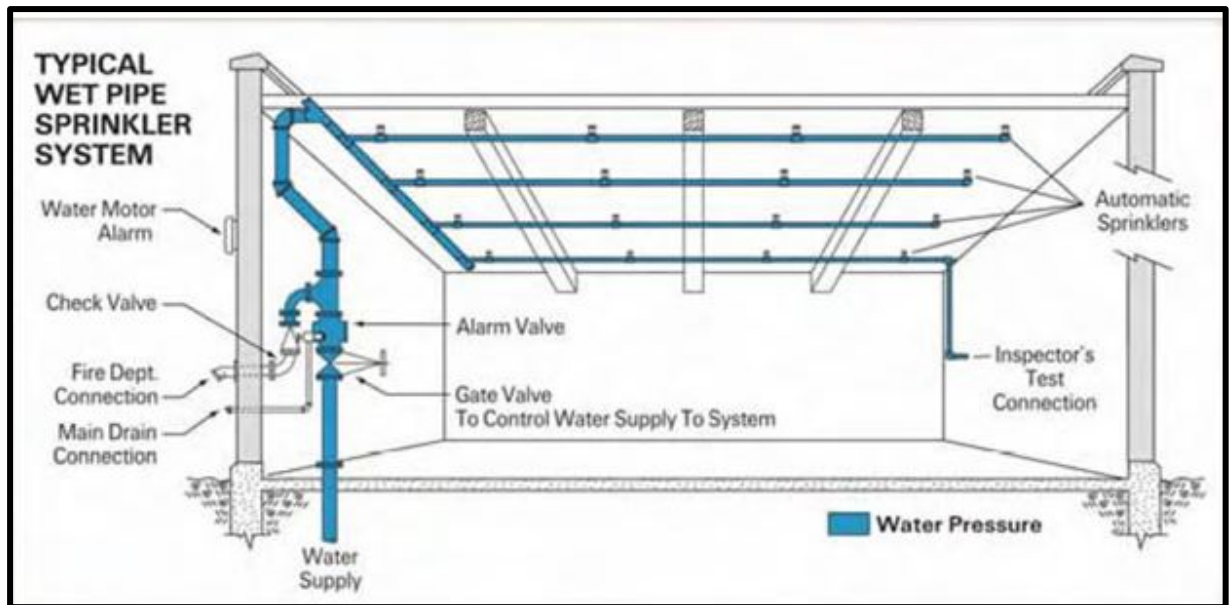


Figura 2.7 - Modelo de tubo molhado (Fonte: <http://www.sixmotechnologies.com/services-automatic-fire-sprinkler-system.php>)

- Sistema de chuveiros automáticos de tubo seco: Este sistema também possui uma rede de tubulação fixa, onde em seu interior contêm ar comprimido ou nitrogênio sob pressão, na qual estão instalados os chuveiros automáticos em seus ramais. Quando o chuveiro se abre o ar é liberado, a queda de pressão na linha abre a válvula de entrada de água. Possui como pontos negativos o tempo elevado para a água atingir o chuveiro aberto, especialmente para redes de grande porte. A Figura 2.8 apresenta um modelo do sistema.

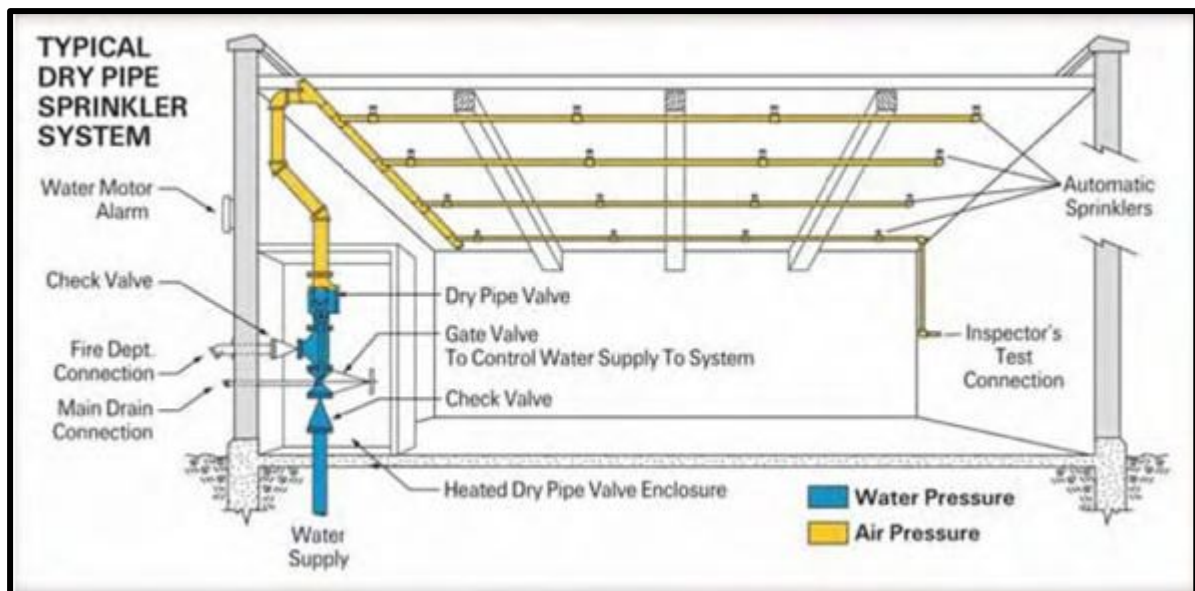


Figura 2.8 - Modelo de tubo seco (Fonte: <http://www.sixmotechnologies.com/services-automatic-fire-sprinkler-system.php>)

- Sistema dilúvio: Este sistema não possui termo sensíveis e qualquer tipo de obstrução em seus ramais. Consiste em uma tubulação seca e despressurizada, na qual são instalados chuveiros abertos. Este sistema possui um sistema de detecção de incêndio interligado a uma válvula (dilúvio) instalada na entrada da rede da tubulação, a qual entra em ação quando o detector aciona, podendo este ser acionado manual ou através de um princípio de incêndio.
- Sistema de ação prévia: Segundo a NBR 10897/2014, este sistema é semelhante ao tubo seco, consiste em uma rede de tubulação seca contendo ar, em cujos ramais são instalados os chuveiros automáticos. Funciona com chuveiros fechados interligados à elementos termo sensíveis. O detector de incêndio detecta o fogo e abre a válvula, fazendo com o que o alarme soe. Segundo Texto técnico TT/PCC/19 da Universidade de São Paulo este sistema apresenta vantagens em relação ao sistema de tubo seco pois a abertura da válvula se dá de forma mais rápida devido o detector automático ser mais sensível que o chuveiro.

2.9.2 REDE DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

A rede hidráulica de distribuição opera da seguinte maneira: Possui canalizações que alimentam os chuveiros automáticos a partir das válvulas de controle e alarme, com diâmetros suficientes para que a água chegue aos chuveiros automáticos mais desfavoráveis hidráulicamente (BRENTANO, 2005).

A Figura 2.9 apresenta um esquema do sistema de chuveiros automático numa edificação.

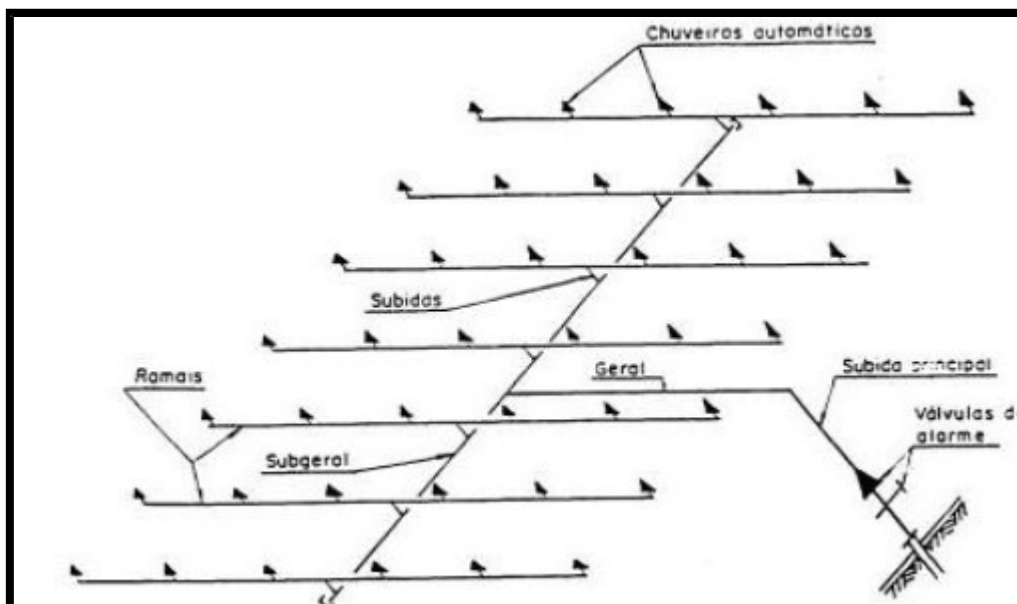


Figura 2.9 – Sistema de chuveiros automáticos (Fonte: Brentano 2005)

O sistema de distribuição do sistema é composto por uma rede de tubulações que liga VGA (válvulas de governo e alarme) aos chuveiros automáticos.

Essa rede de tubulações possui nomes especiais para cada parte que a compõe, conforme NBR 10897/2014 os componentes da rede de distribuição podem ser definidos como:

- Ramais: são as ramificações onde os chuveiros automáticos são instalados;
- Tubulações gerais: tubos que alimentam as tubulações subgerais, diretamente ou com conexões;
- Tubulações subgerais: tubos que alimentam os ramais;
- Subida principal: É a tubulação que liga a rede de suprimento dos abastecimentos de água com as tubulações gerais e onde é instalada a válvula de alarme.

Conforme a Norma Técnica nº 1 do CBMDF é obrigatório a instalação de chuveiros automáticos nas seguintes situações:

- **Edificações destinadas a concentração de público:** Para grupos 18, 19, 20, 21 e 25 quando a área for superior a 5000 m² ou altura superior a 12m;
- **Edificações destinadas a serviços profissionais:** Quando a altura da edificação for superior a 12m ou área superior a 5000 m²;
- **Edificações escolares:** Quando a altura da edificação for superior a 12m ou área superior a 5000 m².

Como o ICC possui área superior a 5000 m², segundo as normas atuais seria obrigatória a instalação de chuveiros automáticos, portanto é necessário entender como funciona o sistema para dimensioná-lo posteriormente. Na época em que a edificação foi construída não havia essa exigência, por esta razão, o ICC não possui chuveiros automáticos.

2.10 SISTEMA DE BOMBEAMENTO DE INCÊNDIO

Um dos objetivos do presente trabalho é avaliar se o reservatório elevado e/ou inferior do Castelo d'água possui carga hidráulica suficiente para garantir uma pressão mínima nos pontos dos hidrantes mais desfavoráveis hidraulicamente.

Diante disso, caso os reservatórios não possuam altura manométrica suficiente para fornecer as vazões e pressões mínimas requeridas, segundo a NBR 13714/2003 deve-se utilizar uma bomba de reforço, em sistema by pass, para garantir as pressões e vazões mínimas para aqueles pontos. Para o ICC foi adotado um sistema composto de duas bombas: bomba *jockey* e bomba principal de recalque.

A bomba *jockey* tem a função de manter a rede pressurizada, cujo acionamento é realizado por um pressostato, chave de fluxo ou manualmente. O primeiro aciona o motor da bomba sempre que houver uma queda de pressão na rede com início do escoamento da água. O segundo aciona o motor bomba a partir do escoamento da água.

Caso a bomba *jockey* não consiga reestabelecer a pressão do sistema, um segundo pressostato aciona a bomba principal. O desligamento da bomba principal somente deverá ocorrer de forma manual conforme item B.1.6 da NBR 13714/2003.

A norma ainda traz alguns critérios, tais como:

- Uma bomba de pressurização (*jockey*) deverá ter vazão máxima de 20 L/min;
- As bombas principais devem atingir pleno regime em aproximadamente 30s após sua partida;
- As bombas de incêndio devem ser utilizadas somente para este fim;
- O desligamento após a partida do motor, deve ser acionado manualmente no seu próprio painel de comando.

As Figuras 2.10 e 2.11, ilustram um sistema de bombeamento composto por uma bomba *jockey* e principal.



Figura 2.10 – Paineis de Comando Bombasul (Fonte: www.bombasul.com.br)



Figura 2.11 – Sistema jockey mais bomba principal

2.11 SIMULADOR HIDRÁULICO – EPANET 2.0 BRASIL

O EPANET 2.0 Brasil foi desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA – *Environment Protection Agency*) e permite a simulação de redes de água com diversos parâmetros. Dessa forma, é possível dimensionar, de forma eficiente e econômica, a rede necessária para atender o sistema de combate a incêndio.

As redes de água, consistem em tubos, nós, bombas, válvulas e reservatórios. O Epanet localiza o fluxo de água em cada tubo, a pressão a cada nó e o nível da água em cada reservatório. Além disso, o software inclui um conjunto de ferramentas de cálculo para apoio à simulação como por exemplo, o cálculo da perda de carga utilizando as fórmulas de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach ou Chezy-Manning.

É importante detalhar algumas estruturas do software, tais como:

- **Nós:** As propriedades principais para caracterizar um nó são a cota do terreno, consumo e nomenclatura do nó. Além disso, para simular consumos como máxima horária e máxima diária, existe a propriedade de padrão temporal que multiplica o consumo no nó em cada instante.
- **Trechos:** Os trechos são caracterizados pelas seguintes propriedades: identificador, nó inicial, nó final, comprimento, coeficiente de rugosidade e diâmetro.
- **Reservatórios:** Os reservatórios estabelecem uma condição de fronteira que representa uma origem ou destino da água e possuem como propriedades principais a identificação e cota de fundo.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Figura 3.1 apresenta uma foto do reservatório elevado e a Figura 3.2 apresenta um mapa com a localização do Castelo d'água e o Instituto de Central de Ciências (ICC), principal edificação da Universidade de Brasília.

Um dos objetivos citados no capítulo 1 é analisar se o castelo d'água possui capacidade para armazenar a Reserva técnica de incêndio (RTI) e também se possui carga hidráulica suficiente para atender as pressões e vazões mínimas exigidas preconizadas em norma. Dessa forma, foram realizadas visitas técnicas para analisar as condições do castelo d'água e entender o arranjo hidráulico instalado.

De acordo com as pranchas fornecidas pelo CEPLAN e pela prefeitura do campus, o volume útil do reservatório elevado é de $223,50 \text{ m}^3$ e o volume total das duas câmaras dos reservatórios inferiores é de $918,70 \text{ m}^3$, totalizando $1142,2 \text{ m}^3$. Além disso, o volume do reservatório elevado é dividido em 2 células com um terço de um lado e 2 terços de outro (Figura 3.3)

O reservatório elevado é interligado com um reservatório inferior através de um sistema de bombeamento com duas bombas em paralelo e uma reserva (Figura 3.4).

A Figura 3.5 apresenta os dois reservatórios inferiores, para melhor compreensão ao longo do trabalho, os reservatórios inferiores foram nomeados como: reservatório A (recebe a água da CAESB diretamente), e reservatório B (reservatório interligado ao A). A Figura 3.6 apresenta o corte dos reservatórios. Ambas figuras foram retiradas da planta dos reservatórios fornecida pelo CEPLAN. A planta completa em formato pdf está anexada no final do trabalho.



Figura 3.1 – Castelo d'água

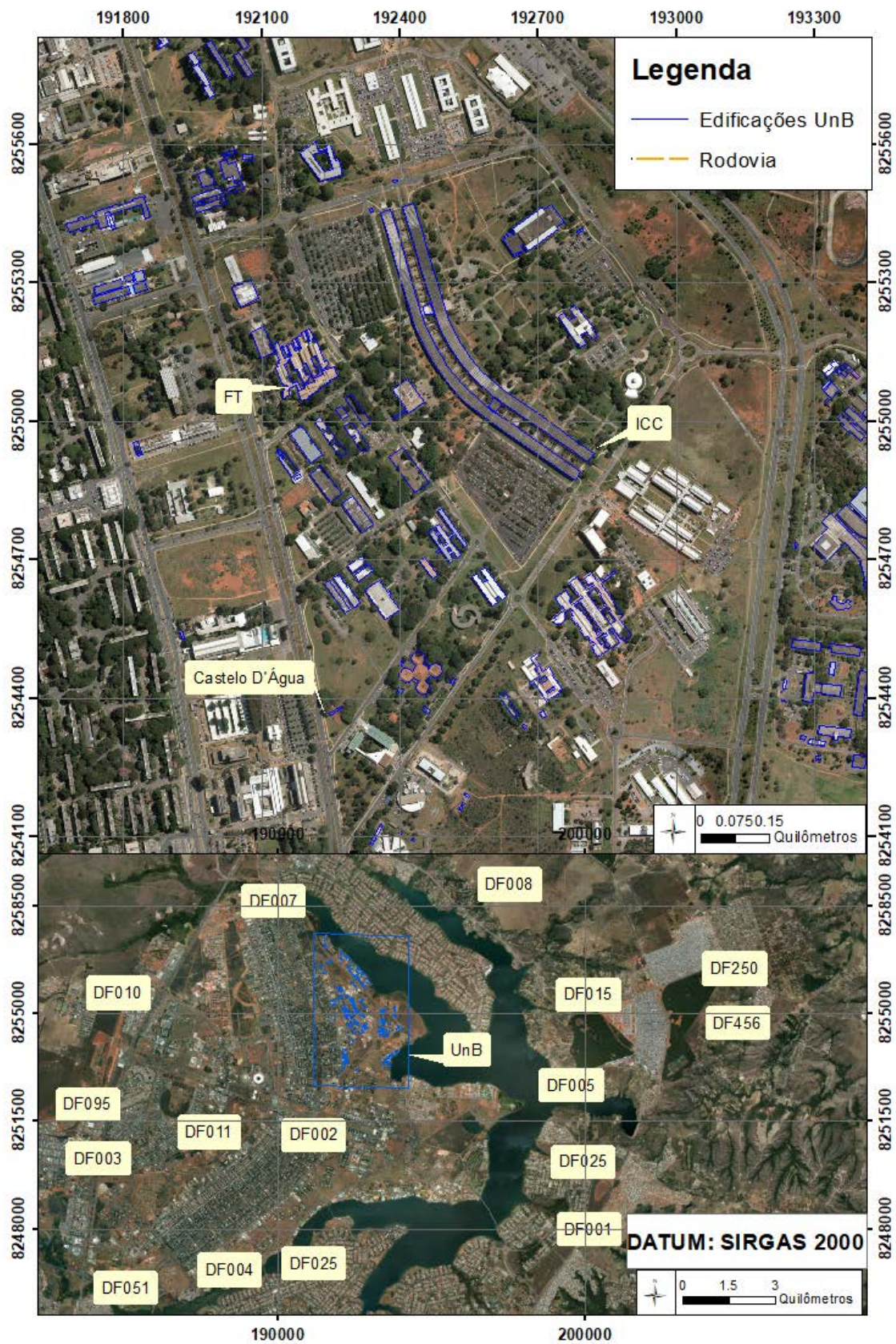


Figura 3.2 – Mapa de localização (Fonte: Autor)



Figura 3.3 – Interior de uma das células do Castelo d'água



Figura 3.4 – Sistema de Bombeamento

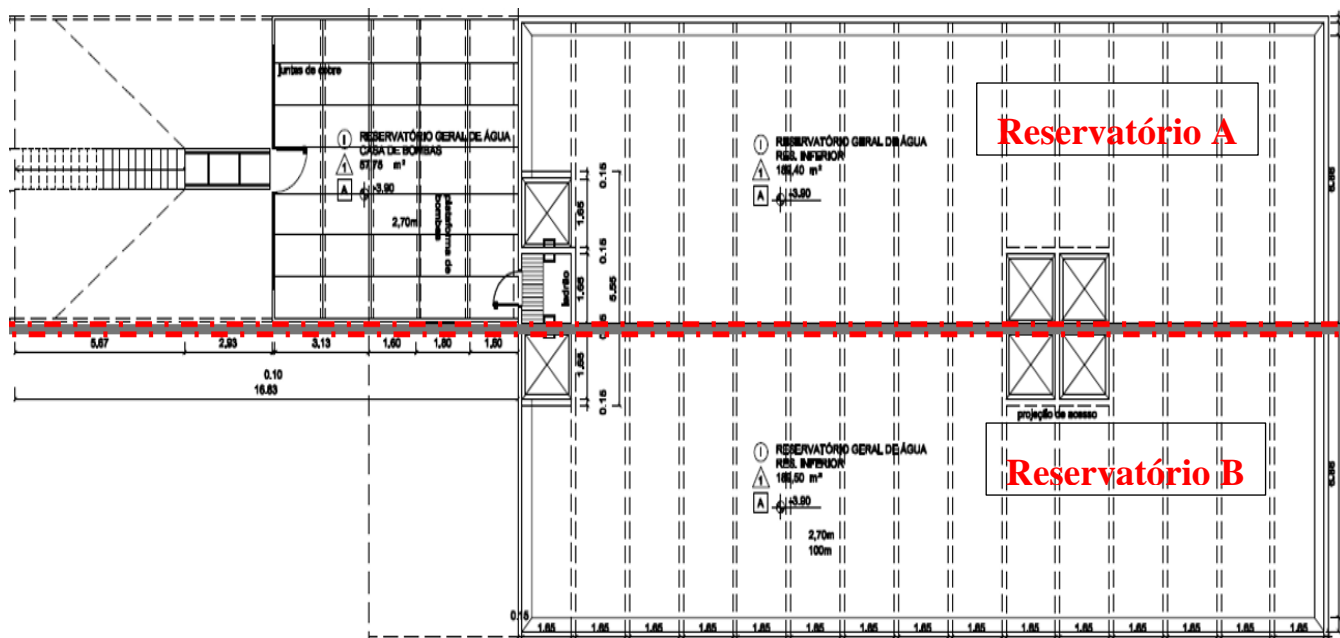


Figura 3.5 – Reservatório inferior em planta dividido em câmaras

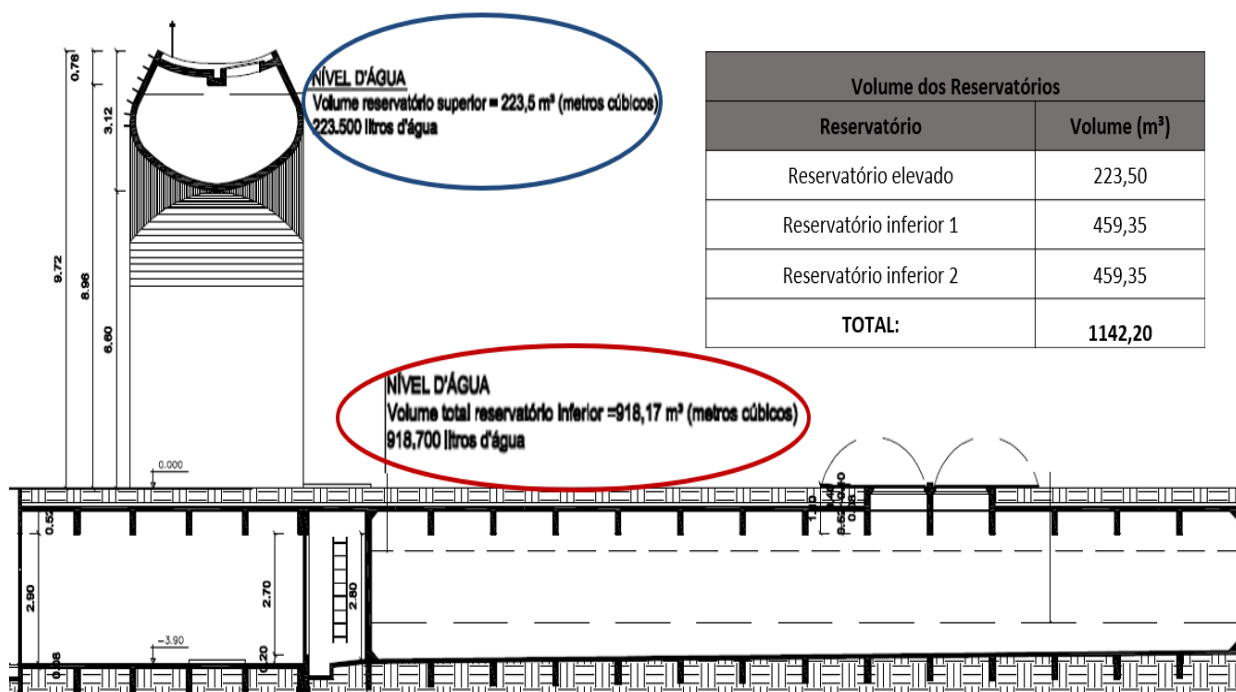


Figura 3.6 – Corte dos reservatórios

A Figura 3.7 apresenta um fluxograma do arranjo hidráulico atual do Castelo D'água. O castelo d'água era abastecido de duas formas: pelo sistema de bombeamento e diretamente pela rede da CAESB. A Figura 3.8 apresenta uma foto com as tubulações no interior do reservatório elevado e a Figura 3.9 foi modelada a partir do AutoCAD para demonstrar as tubulações no sentido vertical, a Figura 3.8 apresenta uma foto real de uma parte desta modelagem.

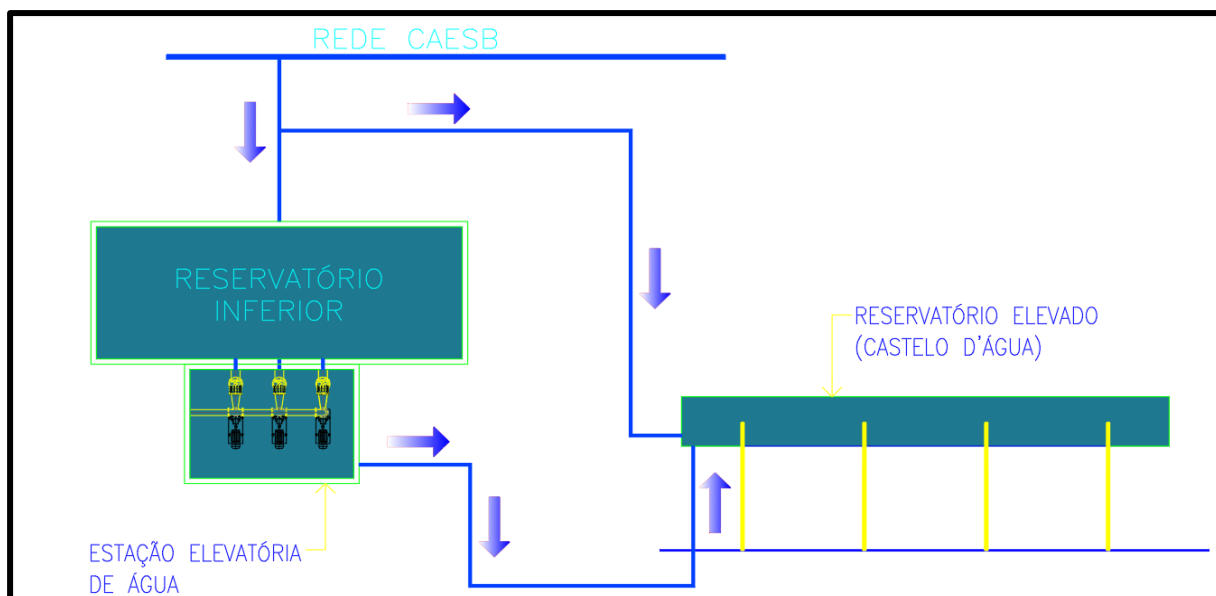


Figura 3.7 – Fluxograma do arranjo hidráulico atual (Fonte: Autor)



Figura 3.8 – Arranjo hidráulico atual no interior do reservatório elevado

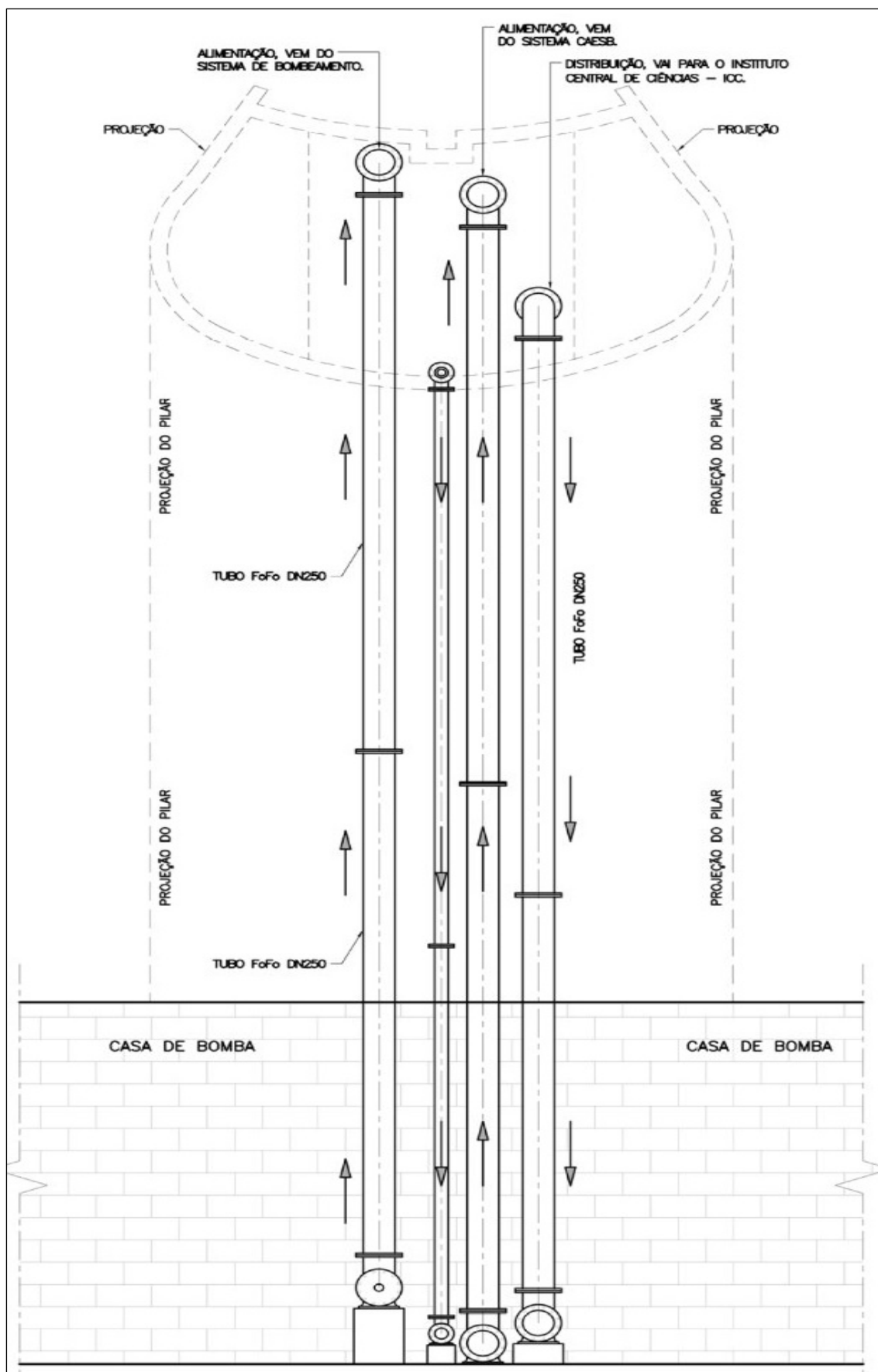


Figura 3.9 – Modelagem do arranjo hidráulico atual (Fonte: Autor)



Figura 3.10 – Tubulações verticais do reservatório elevado

A partir das visitas técnicas observou-se que a instalação da tubulação da CAESB, não possui condições hidráulicas para alimentar o Castelo d'água, visto que a adutora da CAESB chega primeiro no reservatório A para que depois passe para o reservatório B e para o elevado. Inicialmente o reservatório A enche, quando atinge o nível da tubulação de interligação começa a contribuir para o reservatório B e para o elevado (Figura 3.11 e Figura 3.12).



Figura 3.11 – Interligação dos reservatórios

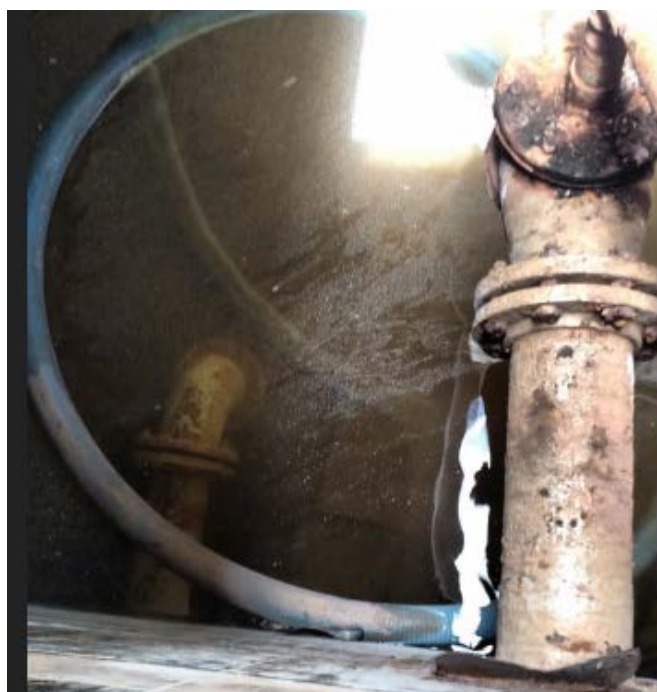


Figura 3.12 – Reservatório B

Durante as visitas foram constatadas algumas deteriorações, tais como, oxidação nas tubulações, armaduras expostas e fundo do reservatório B com trincas e fissuras. As Figuras 3.13, 3.14 e 3.15 apresentam essas irregularidades. O Castelo d'água apresenta condições precárias, e exige troca de peças hidráulicas, impermeabilização e um novo arranjo hidráulico.



Figura 3.13 – Armadura exposta 1



Figura 3.14 – Armadura exposta 2



Figura 3.15 – Peças hidráulicas enferrujadas

Também foram realizadas visitas no ICC com objetivo de analisar se os hidrantes presentes no local, estão de acordo com as normas pertinentes. O apêndice A traz um levantamento com fotos dos componentes ausentes nos abrigos de incêndio.

Também foram reunidas informações como:

- Levantamento Planialtimétrico do campus Darcy Ribeiro – UnB;
- Planta com a rede de abastecimento de água atual do campus Darcy Ribeiro - UnB;
- Planta do Castelo d'água elaborada pelo CEPLAN;
- Planta de impermeabilização do Castelo d'água;
- Planta Arquitetônica do Instituto Central de Ciências;
- Planta Arquitetônica do SG-12;
- Planta Arquitetônica da Faculdade de Tecnologia;
- Cadastro de infraestrutura com edificações, tubulações de água, esgoto, cabeamento telefônico e drenagem;

Foi elaborado um mapa com as curvas de nível, visto que são fundamentais para o dimensionamento da rede distribuição e compreensão do leitor. A Figura 3.16 apresenta um mapa com as curvas de nível com suas respectivas cotas.

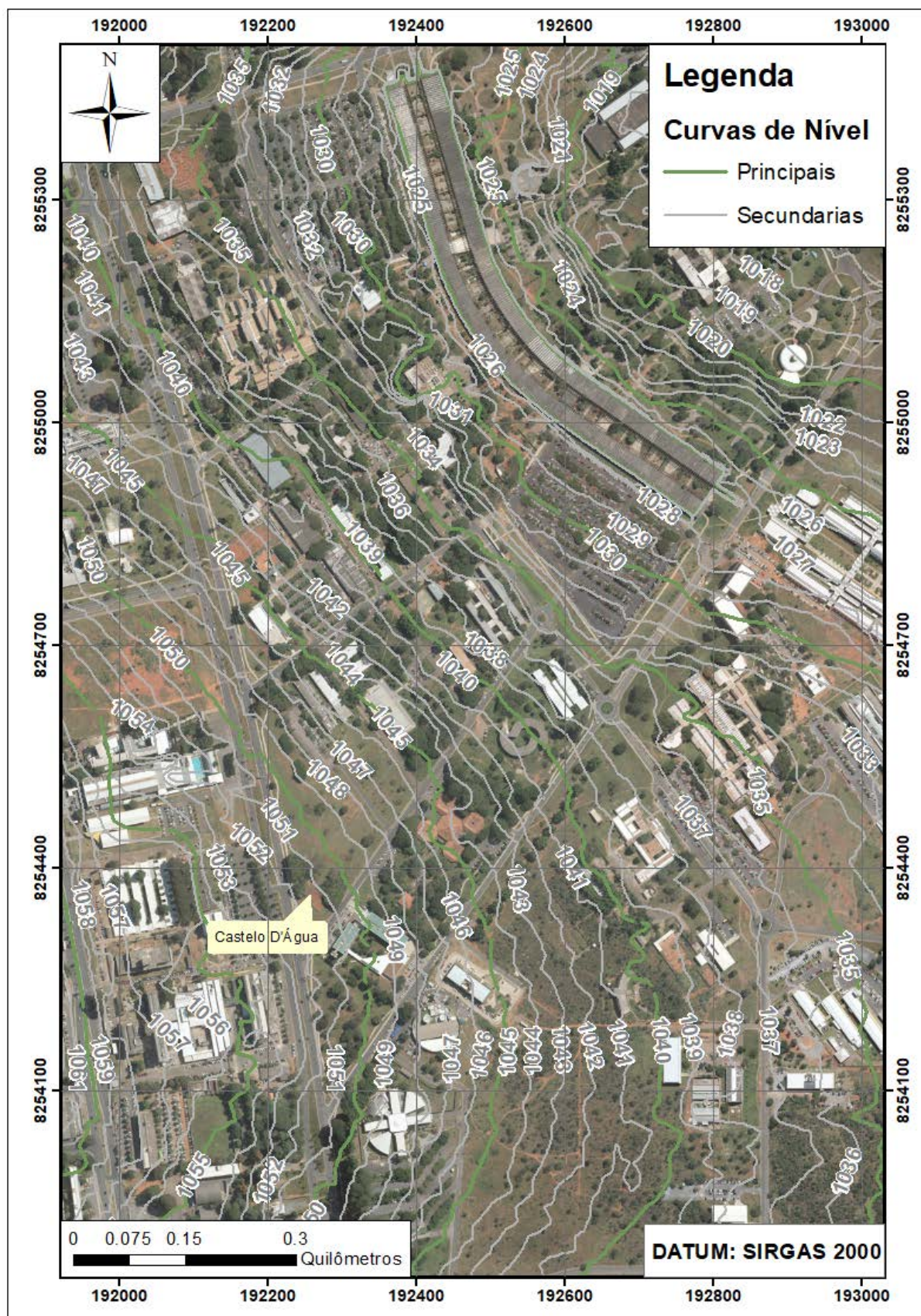


Figura 3.16 – Mapa com as curvas de nível Projeção: UTM zona 23S (Fonte: Autor).

4 METODOLOGIA

Para melhor compreensão do tema de prevenção e combate a incêndio, o presente trabalho apresentou, primeiramente, uma revisão bibliográfica com os principais aspectos que envolvem o Plano de Prevenção e Combate Incêndio (PPCI) nas edificações da Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro, tais como causas de incêndio, propagação do fogo e métodos de extinção.

Em uma segunda etapa deste trabalho, foi feito um estudo com objetivo de identificar edificações sem reservas técnicas de incêndio. A partir desta etapa, foram dimensionados os volumes necessários para as reservas técnicas de incêndio. Cabe ressaltar que planejaram-se os volumes de água de todos os reservatórios para que também sejam utilizados para abastecimento de água, seguindo as demandas hídricas calculadas pelo trabalho de conclusão de curso de Oliveira (2018), cujo tema é um estudo do consumo de água e medidas para redução de perdas na Universidade de Brasília.

É dado um enfoque maior no Instituto Central de Ciências (ICC) principalmente pelo fato de ser a edificação com maior quantidade de pessoas que frequentam o local, além de possuir uma considerável extensão, aproximadamente oitocentos metros de comprimento. Foi elaborada uma concepção de projeto para o sistema de combate a incêndio do ICC.

O volume de água para a reserva técnica de incêndio do Instituto Central de Ciências (ICC) foi analisado a partir de um castelo d'água já existente no campus. Os resultados poderão servir de apoio ao CEPLAN a fim de colocar em prática as soluções propostas.

Cabe ressaltar que foram obedecidas as instruções normativas do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e as normas técnicas pertinentes ao estudo. Para o desenvolvimento do trabalho, as seguintes etapas foram executadas:

- Revisão bibliográfica abrangendo as normas técnicas da ABNT, instruções normativas do CBMDF e livros de referência;
- Classificar as edificações segundo critérios preconizados em norma;
- Realizar visitas técnicas no castelo d'água e no ICC, onde foi realizada uma concepção de projeto dos sistemas de combate a incêndio;
- Calcular a Reserva Técnica de Incêndio (RTI);
- Verificar se a diferença de cotas do fundo dos reservatórios e do ICC é suficiente para um abastecimento por gravidade;

- Dimensionar a rede de distribuição do castelo d'água até o ICC, considerando a vazão dos hidrantes;
- Dimensionar os chuveiros automáticos.

A Figura 4.1 apresenta um fluxograma das etapas seguidas. Todas as etapas estão detalhadas nos tópicos seguintes, vale ressaltar que são dependentes uma da outra e visam a consecução dos objetivos propostos no presente trabalho.

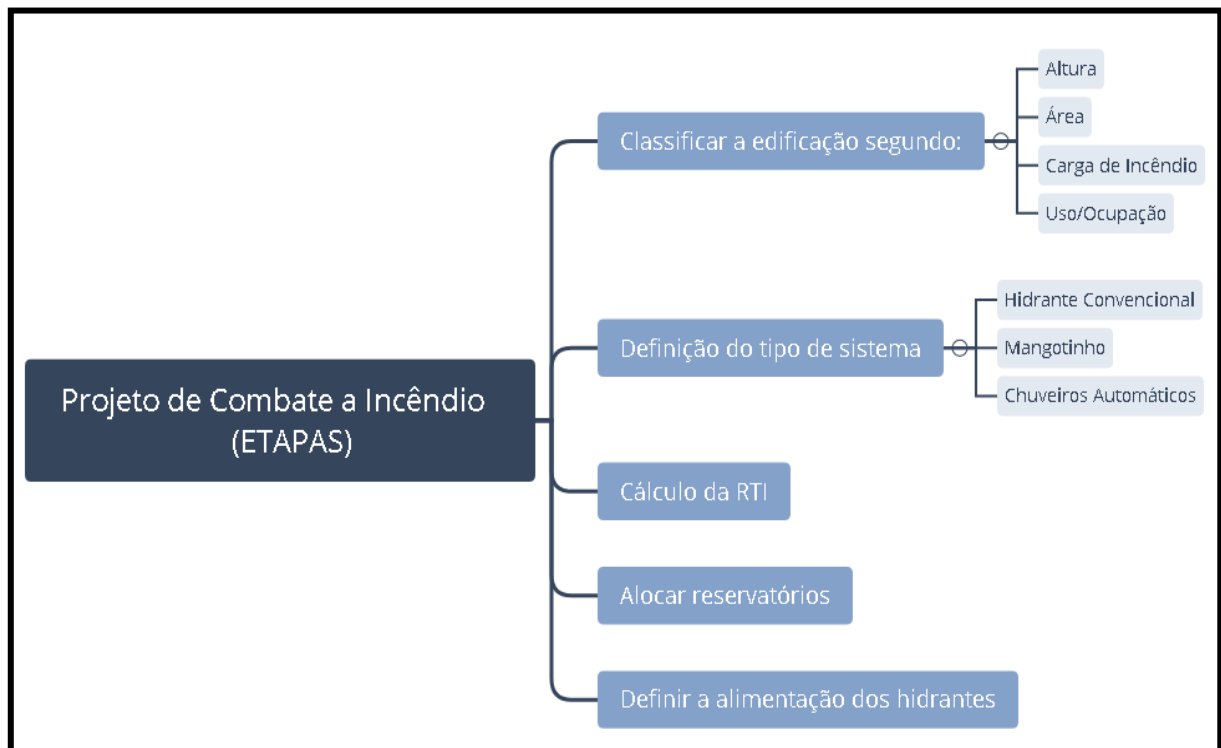


Figura 4.1 – Fluxograma das etapas do estudo

Considerou-se como normativas técnicas de referência na elaboração deste trabalho de conclusão de curso as seguintes normas da ABNT e CBMDF:

- NBR 10897/2014 – Sistema de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos;
- NBR 13714/2000 – Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio;
- NBR 14432/2000 – Exigência de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações;
- NBR 15802/2010 – Sistema enterrados para distribuição e adução de água e transporte de esgotos sob pressão – Requisito para projetos em tubulação de polietileno PE 80 e PE 100 e diâmetro externo nominal entre 63 mm e 1600 mm.
- CBMDF NT nº 01/2002 – Exigências de Sistemas de Proteção contra Incêndio e Pânico das edificações do Distrito Federal;

- CBMDF NT nº 02/2000 – Classificação das Edificações de Acordo com os Riscos;
- CBMDF NT nº 04/2000 – Sistema de Proteção por Hidrantes do Distrito Federal.

4.1 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Definindo o posicionamento dos hidrantes e reservatórios, pode-se dimensionar todo o sistema: diâmetro da tubulação, tipo de distribuição pressurizada ou por gravidade, entre outros. Com objetivo de atender as vazões e pressões exigidas em norma.

Foram criados 2 cenários de redes de distribuição do Castelo d'água até o ICC para avaliar qual o melhor traçado, levando-se em conta a extensão total das tubulações, pressão dinâmica no final da rede e buscando o mínimo de interferência com outras redes.

Para o dimensionamento foram considerados dois métodos de cálculo, a equação universal de Darcy-Weisbach e Hazen-Williams. A Figura 4.2 e a Figura 4.3 apresentam os dois traçados propostos.

Em ambos cenários foram considerados 4 trechos, um do castelo d'água até a entrada do ICC, um dos trechos no interior do ICC, outro simulando a mangueira do hidrante e a subida do térreo do ICC até o hidrante mais desfavorável e por último, um trecho simulando as perdas de carga obtidas por meio do comprimento equivalente. A seção 4.1 traz um aprofundamento sobre essa lógica de projeto.

Cabe ressaltar que o nó n7 representa a coluna de subida do térreo para o primeiro andar, por esta razão, ele está alocado fora da edificação.

A simulação da rede foi executada usando o software EPANET – Brasil, versão 2.0. Esse software, desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA – *Environment Protection Agency*), permite a simulação de redes de água com diversos parâmetros. Dessa forma, é possível dimensionar, de forma eficiente e econômica, a rede necessária para atender o sistema de combate a incêndio.

Alguns critérios de dimensionamento foram adotados conforme as normas pertinentes ao projeto e estão descritos nos itens seguintes.

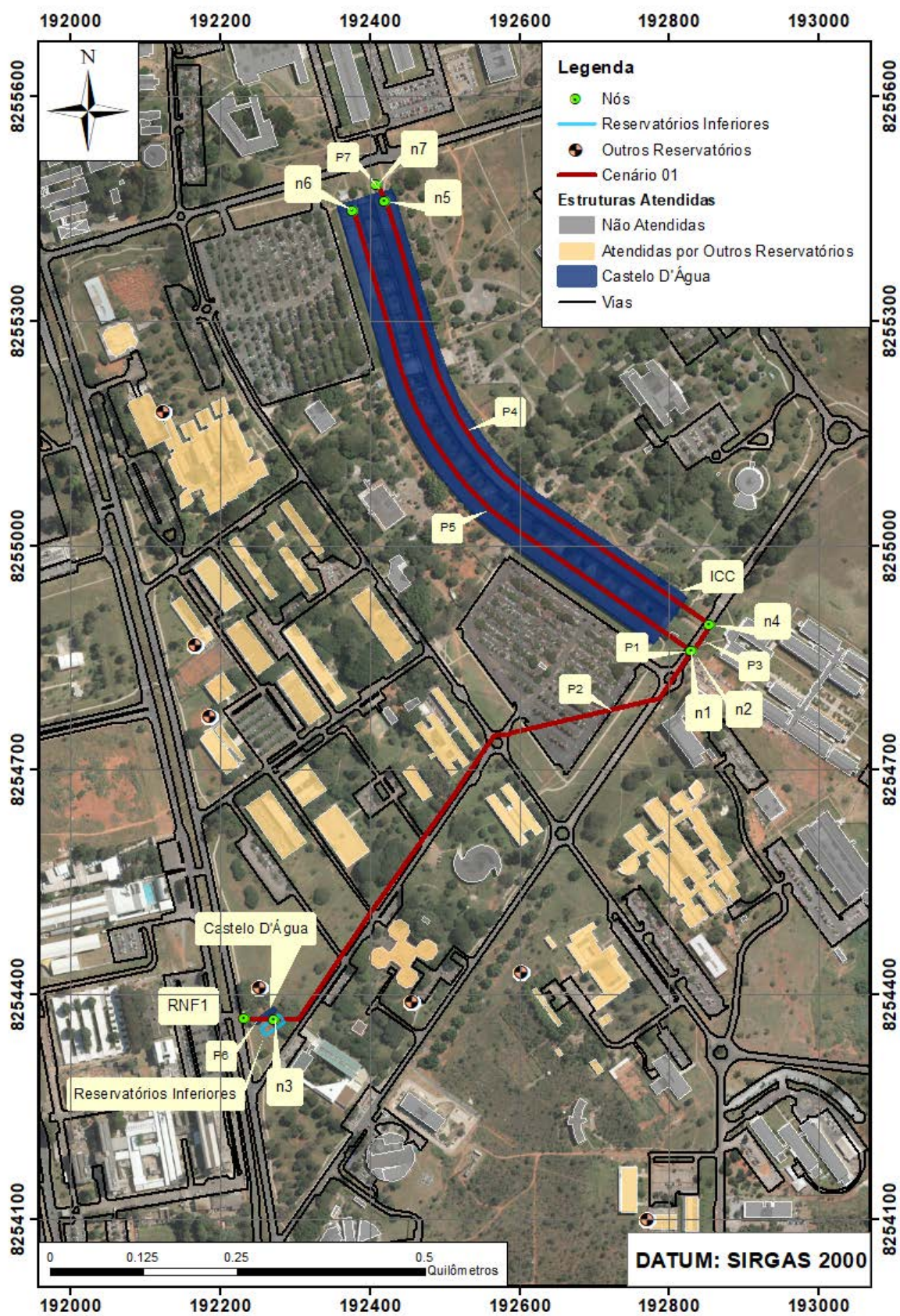


Figura 4.2 – Traçado da rede de distribuição do Cenário 1 - Projeção: UTM zona 23S (Fonte: Autor)

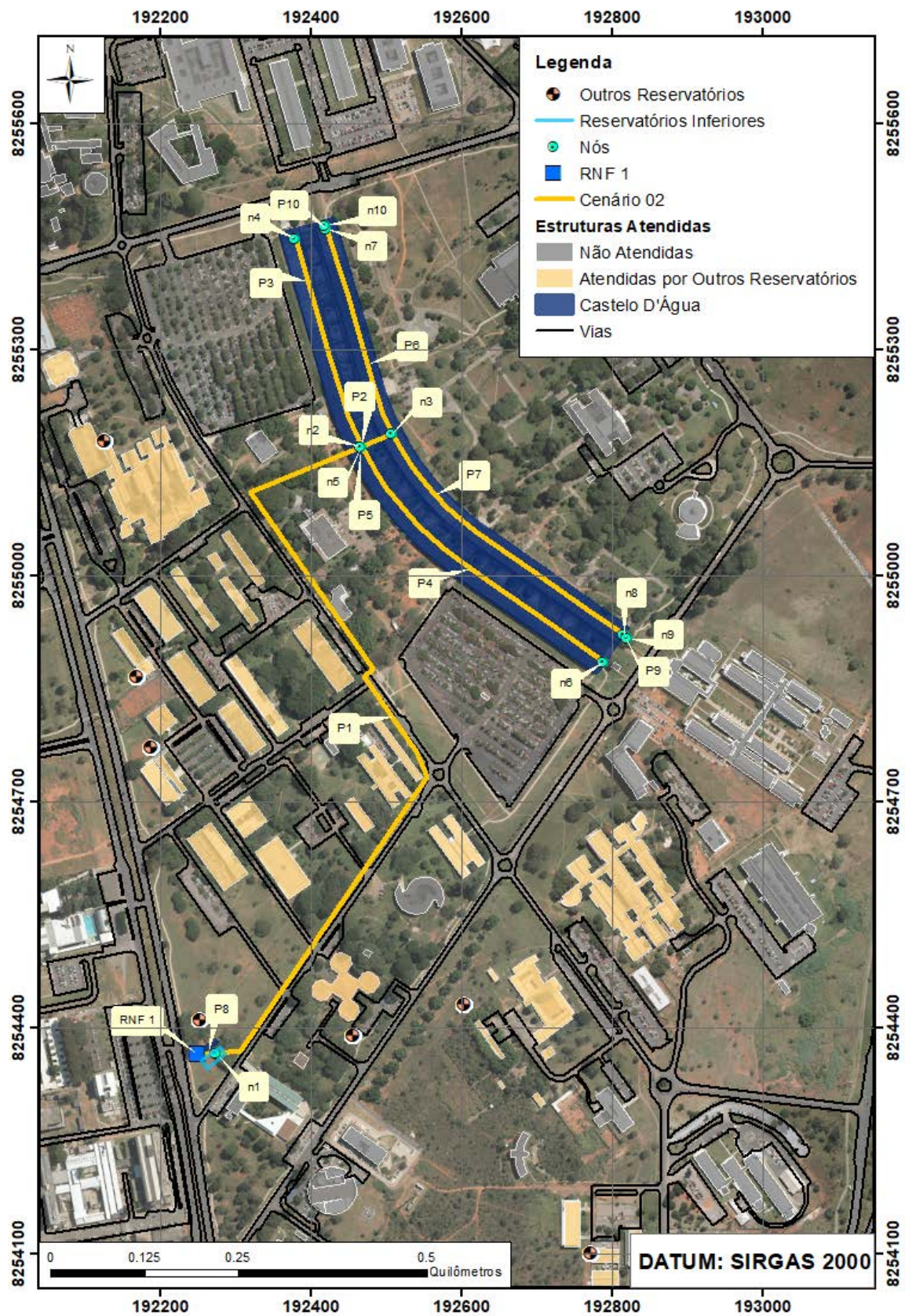


Figura 4.3 - Traçado da rede de distribuição do Cenário 2 - Projeção: UTM zona 23S (Fonte: Autor)

4.1.1 MATERIAL

Para minimizar as perdas no sistema o material escolhido para a rede de distribuição de água foi o PEAD SDR 17. A Tabela 4.1 apresenta os valores de rugosidade (k) no caso da Fórmula Universal, e do coeficiente hidráulico (C) de Hazen-Williams, conforme a NBR 15802/2010.

Tabela 4.1 – Valores de rugosidade

Método	Valores
Fórmula Universal	DE ≤ 200 mm k = 10 x 10 ⁻⁶ m
	DE > 200 mm k = 25 x 10 ⁻⁶ m
Hazen-Williams	C = 150

A Tabela 4.2 apresenta os diâmetros externos e internos das tubulações de polietileno.

Tabela 4.2 – Diâmetros das tubulações de PEAD

PEAD SDR 17		
DIÂMETRO EXTERNO (mm)	ESPESSURA (mm)	DIÂMETRO INTERNO (mm)
50	3,0	44
63	3,8	55,4
75	4,5	66
90	5,4	79,2
110	6,6	96,8
125	7,4	110,2
140	8,3	123,4
160	9,5	141
180	10,7	158,6
200	11,9	176,2
225	13,4	198,2
250	14,8	220,4
280	16,6	246,8

4.1.2 DIÂMETRO DA TUBULAÇÃO

O diâmetro das tubulações foi obtido a partir da simulação no software EPANET, foi considerado a cota de fundo do reservatório inferior e a cota dos hidrantes mais desfavoráveis, também foi considerado uma estimativa das perdas de cargas e qual a pressão mínima necessária para os dois hidrantes mais desfavoráveis.

4.1.3 PERDAS DE CARGA

Para o dimensionamento da rede de distribuição do Castelo d'água até o ICC, deve-se calcular a perda de carga nas canalizações de incêndio para verificar se a topografia do local possui carga hidráulica suficiente para o abastecimento por gravidade.

A rede foi dimensionada tanto por Hazen-Williams quanto pelo Método Universal, com objetivo de analisar a diferença dos dois métodos.

No Método Universal as perdas de carga lineares se baseiam na velocidade de escoamento, no diâmetro interno da tubulação e no coeficiente de atrito de cada material.

A velocidade média do escoamento é calculada pela seguinte equação:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \times D^2}{4}\right)} \quad (4.1)$$

Em que:

- V = Velocidade no fluxo na tubulação, em m/s;
- Q = Vazão máxima, em m³/s;
- D = Diâmetro do tubo, em m.

Com a velocidade obtida, a perda de carga para cada tubulação pode ser obtida pela fórmula de Darcy-Weisbach (Equação Universal) descrita a seguir:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \quad (4.2)$$

Em que:

- h_f = Perda de carga, em m;
- f = Coeficiente de atrito;

- L = Extensão da tubulação de recalque;
- D = Diâmetro da tubulação;
- V = Velocidade de escoamento;
- g = Aceleração da gravidade. Adotada em 9,81 m/s.

O coeficiente de atrito f é calculado pela equação de Colebrook-White.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{f}} \right) \quad (4.3)$$

Em que:

- ϵ = Rugosidade do material, em m;
- Re = Número de Reynolds.

O número de Reynolds é calculado pela equação 4.4.:

$$Re = V \times \frac{D}{\nu} \quad (4.4)$$

Em que:

- V = Velocidade média do escoamento, em m/s;
- D = Diâmetro da tubulação, em m;
- ν = Viscosidade Cinemática, em m/s.

Segundo Azevedo Netto (1988), as perdas de carga localizadas são função do quadrado da velocidade e do coeficiente "K". O valor deste coeficiente diz respeito aos tipos de singularidades existentes nas tubulações do barrilete e na própria linha de recalque. De um modo geral, as perdas localizadas podem ser expressas sob a equação 4.5.

$$hf_L = K \frac{V^2}{2g} \quad (4.5)$$

Em que:

- hf_L = Perda de carga localizada, em m;
- V = Velocidade do fluxo na tubulação considerada, em m/s;
- K = Coeficiente de perda localizada;
- g = Aceleração da gravidade, adotada em 9,81 m/s².

A perda de carga total em um sistema é igual a perda de carga distribuída ao longo da tubulação mais a perda de carga localizada.

Para simular a perda de carga localizada no EPANET, foi utilizado um processo chamado método dos comprimentos virtuais. Segundo Baptista (2006) este processo consiste, para efeito de cálculo somente, na substituição das singularidades presentes, geradoras das perdas de carga localizadas, por um tubo de rugosidade, diâmetro e comprimento tal que proporciona a mesma perda de carga original das singularidades.

Dessa forma, foi criada uma tubulação entre o reservatório e o primeiro nó com o comprimento igual ao obtido pelo processo para simular a perda de carga das peças hidráulicas. O item 0 traz os resultados da simulação.

Importante destacar a perda de carga localizada no esguicho que pode ser calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\Delta h = \left(\frac{1}{C_v^2} - 1 \right) \times \frac{U^2}{2g} \quad (4.6)$$

Em que:

- Δh = Perda de carga no esguicho, em m;
- C_v = Coeficiente de velocidade do requinte (0,95 a 0,98)
- U = Velocidade na saída do esguicho, em m/s.

Por meio das equações para as distâncias vertical (1) e horizontal (2) percorridas pelo jato, obtém-se a equação que permite o cálculo da velocidade na ponta do esguicho (u).

$$(1) h = \frac{gt^2}{2}$$

$$(2) L = u \times t$$

Em que,

- h = Distância vertical, em m;
- L = Distância horizontal, em m;
- t = Tempo de percurso, em s.

Substituindo as equações, temos:

$$u = L \sqrt{\frac{g}{2h}} \quad (4.7)$$

Conforme o item 4.8.1 da NT nº 8 do CBMDF o jato d'água deve atingir a uma distância mínima de 10 m, com esguicho na posição horizontal a 1 m de altura, portanto a velocidade deve ser de 22,14 m/s.

4.1.4 ESTIMATIVA DE QUANTITATIVOS (CONEXÕES E PEÇAS HIDRÁULICAS)

Como o objetivo deste trabalho é uma concepção de projeto de combate a incêndio e não um projeto executivo, as peças e conexões da rede de distribuição foram estimadas conforme o traçado preliminar da rede e também, a partir de instalações comuns de projetos semelhantes.

4.1.5 PRESSURIZAÇÃO DA REDE

Caso seja necessária a pressurização do sistema por bombas de incêndio, o Corpo de Bombeiros do Distrito Federal exige os seguintes requisitos:

- Ter no mínimo duas bombas, sendo uma principal e outra reserva, as quais devem possuir as mesmas especificações;
- As bombas de pressurização da rede (bombas de incêndio) devem possuir acionamento manual e automático de modo a manter a pressão constante e permanente na rede;

- As bombas de incêndio devem ter instalação elétrica independente da rede elétrica geral.

Para o cálculo de da altura manométrica a ser vencida, considera-se a cota do desnível geométrico entre o nível de fundo do reservatório inferior e a entrada do ICC, a perda de carga localizada nas peças hidráulicas e a perda de carga distribuída ao longo da adutora.

A altura manométrica poderá ser determinada pela seguinte equação:

$$H_{man} = h_g + rQ^{1,85} \quad (4.8)$$

Em que,

- H_{man} – Altura Manométrica Total;
- h_g – Altura Geométrica;
- Q – Vazão recalçada;
- $r = \frac{(L + \sum L_e)}{(0,2785^{1,85} \times C^{1,85} \times D^{4,87})}$.

Com base na altura manométrica e vazão, pode-se definir qual bomba utilizar.

4.1.6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE HIDRANTES

A NT nº 8 do CBMDF adota vazões diferentes das preconizadas pela NBR 13714/2000, a Tabela 2.7 e Tabela 2.9 apresentam as vazões conforme o tipo de edificação. A vazão de projeto utilizada foi a do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (220 L/min), visto que as leis municipais sempre devem ser adotadas e, na sua inexistência, devem ser seguidas, na ordem, as estaduais/distritais e norma brasileira. Além disso, as vazões da NT nº 8 são superiores às preconizadas pela ABNT (100 L/min), dessa forma considera-se o cenário mais favorável à segurança.

Para o dimensionamento, deve ser considerado o uso simultâneo dos dois jatos de água dos hidrantes mais desfavoráveis hidraulicamente conforme item 5.3.3 da NBR13174/2000. O dimensionamento do sistema de hidrantes pode ser feito pelas seguintes etapas:

- a) Classe de Risco:

Deve-se classificar a edificação em estudo conforme a classe de risco de ocupação. Etapa detalhada na seção 2.5.

b) Definir qual tipo de sistema a ser adotado:

Os sistemas de combate a incêndio sob comando se diferem quanto ao tipo de hidrante, podendo ser do tipo mangotinhos ou hidrante convencional, como já explanado anteriormente. A escolha de cada um dependerá de vários fatores, tais como: custo da instalação, dificuldades de execução e reserva de água disponível (BRENTANO, 2005).

c) Lançar a rede de hidrantes:

Esta etapa consiste em encontrar as melhores posições para o lançamento das colunas e caixas de incêndio, respeitando as normas vigentes. A seção 2.8.1.1 detalha os critérios para a instalação dos hidrantes.

Para as edificações da UnB, o lançamento da rede possivelmente será dificultado por elementos estruturais já existentes, o que levará a um maior número de instalação de conexões e consequentemente uma maior perda de carga.

d) Determinar a vazão e a pressão mínima nos hidrantes mais desfavoráveis hidráulicamente:

A NT nº 4 do CBMDF exige uma vazão mínima nos esguichos conforme a Tabela 2.9 e a pressão mínima exigida na saída do requinte é de 1 kgf/cm² (10 m.c.a) tanto pela NT nº4 do CBMDF quanto pela NBR 13.1714/2000.

e) Determinar o diâmetro do ramal de alimentação dos hidrantes mais desfavoráveis hidráulicamente:

Conforme NBR 13.714/2000 o ramal de alimentação dos hidrantes deve ter, no mínimo, diâmetro nominal de 65 mm e para os sistemas de mangotinhos pode ser utilizada canalização de 50 mm e a velocidade máxima de escoamento da água é de 5 m/s.

f) Determinar as perdas de carga nos ramais dos hidrantes mais desfavoráveis hidráulicamente:

A perda de carga no ramal de alimentação do hidrante pode ser calculada somando-se as perdas de carga na válvula angular, na mangueira de hidrante, no segmento da canalização e no esguicho (BRENTANO, 2005).

4.1.7 DIMENSIONAMENTO DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

Existem 2 formas de cálculo para o dimensionamento dos chuveiros automáticos segundo a NBR 10897/2014, o cálculo por tabela e o cálculo hidráulico. Embora haja duas formas de cálculo, algumas etapas são iguais para os dois cálculos, tais como:

- a) Identificação da edificação quanto à classe de risco de ocupação:

Classificar a edificação conforme a classe de risco de ocupação. Etapa detalhada na seção 2.5.

- b) Determinação da área de proteção dos chuveiros automáticos;

A determinação da área a ser protegida ou área do pavimento para aplicação dos *sprinklers* é essencial para definir a estrutura da instalação. Essa área é obtida a partir do projeto arquitetônico e estrutural da edificação.

Importante ressaltar que todo o sistema pode ser controlado por uma coluna de incêndio e controlado por um jogo de válvulas de governo e alarme (VGA), porém, a área máxima a ser utilizada para proteção de um pavimento possui uma limitação de acordo com o risco de ocupação da edificação. A NBR 10897/2014 apresenta uma tabela (Tabela 4.3) para a área máxima servida por uma coluna de alimentação.

Tabela 4.3 – Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento

Tipo de Risco	Área máxima servida por uma coluna de alimentação por pavimento (m ²)
Leve	4800
Ordinário	4800
Extraordinário (projetado por tabela)	2300
Extraordinário (projetado por cálculo hidráulico)	3700
Armazenamento	3700

- c) Determinação da área máxima de cobertura por chuveiro automático;

Existem diversos tipos de chuveiros automáticos e cada um possui uma área máxima de cobertura. Para a concepção de projeto do ICC foi adotado o tipo spray. A Tabela 4.4 apresenta a área máxima para esse tipo de chuveiro automático.

- d) Determinação do espaçamento máximo entre os chuveiros no projeto;

As distâncias máximas entre os chuveiros automáticos do tipo spray estão apresentadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Áreas de cobertura máxima por chuveiro automático e distância máxima entre chuveiros automáticos (tipo spray em pé e pendentes de cobertura padrão)

Tipo de teto	Método de cálculo	Área de cobertura m²			Distância máxima entre chuveiros automáticos m		
		Leve	Ord.	Extra	Leve	Ord.	Extra
Não combustível obstruído e não obstruído; combustível não obstruído	Calculado por tabela	18,6	12,1	8,4	4,6	3,7	
	Cálculo hidráulico	20,9		9,3 a 12,1a		3,7 a 4,6b	
Combustível obstruído	Calculado por tabela	15,6		8,4		3,7	
	Cálculo hidráulico			9,3 a 12,1a		3,7 a 4,6b	
Combustível com elementos estruturais distanciados a menos de 0,90 m	Calculado por tabela	12,1		8,4		3,7	
	Cálculo hidráulico			9,3 a 12,1a		3,7 a 4,6b	

a Área de cobertura, risco extra: 9,3 m², se densidade $\geq 10,2$ mm/min, e 12,1 m², se densidade $< 10,2$ mm/min.

b Espaçamento máximo: 3,7 m, se densidade $\geq 10,2$ mm/min, e 4,6 m, se densidade $< 10,2$ mm/min.

e) Distância mínima entre chuveiros automáticos:

Conforme a NBR 10897/2014, a distância mínima permitida entre chuveiros automáticos do tipo spray em pé e pendentes de cobertura padrão é de 1,8m.

4.1.7.1 CÁLCULO POR TABELAS

O dimensionamento do sistema por tabelas segundo a NBR 10897/2014 só pode ser utilizado em novas instalações com área máxima de até 465 m². Para o dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos por tabelas, algumas etapas devem ser seguidas após o roteiro descrito no item anterior.

a) Determinação do número máximo de chuveiros nos ramais e sub-ramais;

A partir do material adotado para as tubulações e da classe de risco de ocupação, é possível determinar o diâmetro nominal da tubulação e a quantidade máxima de chuveiros por meio da Tabela 4.5 presente na NBR 10897/2014. Na tabela estão definidos os números máximos de chuveiros automáticos que cada segmento de sub-ramal ou ramal pode atender para uma ocupação de risco leve.

Tabela 4.5 – Número de chuveiros automáticos acima e abaixo de teto ou forro (risco leve)

Aço		Cobre	
DN 20	-	DN 20	-
DN 25	2 chuveiros	DN 25	2 chuveiros
DN 32	3 chuveiros	DN 32	3 chuveiros
DN 40	7 chuveiros	DN 40	7 chuveiros
DN 50	15 chuveiros	DN 50	18 chuveiros
DN 65	50 chuveiros	DN 65	65 chuveiros

b) Determinação da vazão mínima do sistema;

A Tabela 4.6 apresenta de acordo com a NBR 10897/2000, os valores mínimos no dimensionamento por tabelas para as vazões, tempos de funcionamento da bomba e pressões de um sistema de chuveiros automáticos, que dão origem a volumes fixos para a RTI de acordo com cada classe de risco.

Tabela 4.6 - Demanda de água para sistemas calculados por tabela

Tipo de ocupação	Pressão residual mínima exigida (Kpa)	Vazão na base da coluna principal do sistema (incluindo demanda de hidrantes) L/min	Duração (Min)
Risco Leve	100	2850	60
Risco Ordinário	140	5650	90

As pressões residuais indicadas na tabela acima devem ser atingidas no chuveiro automático hidráulicamente mais desfavorável em relação à coluna principal do sistema, o de menor pressão residual.

c) Determinação da pressão mínima para o dimensionamento por tabelas

Para determinar a altura manométrica ou a pressão mínima requerida na bomba foi utilizada a seguinte expressão:

$$H_{man} = p_{vga} + h_g + h_p + h_d \quad (4.9)$$

Em que:

- H_{man} = Altura manométrica total, em m;
- p_{vga} = Pressão mínima efetiva que deve ocorrer na VGA, em m;

- h_g = Altura geométrica entre o nível da VGA e o nível do chuveiro mais elevado, em m;
- h_p = Perda de carga localizada;
- h_d = Perda de carga distribuída do ICC até a coluna de incêndio do chuveiro mais desfavorável.

4.1.7.2 CÁLCULO HIDRÁULICO

O dimensionamento por cálculo hidráulico consiste na determinação dos diâmetros nominais das tubulações de sub-ramais, ramais, por meio de cálculos de perda de carga, para que a água determinada para uma área de aplicação, considerando todos os chuveiros funcionando simultaneamente, tenha uma distribuição uniforme, atendendo os parâmetros preconizados na norma.

A demanda do sistema de hidrantes deve atender à Tabela 4.7 a seguir, mesmo nos casos em que os sistemas de hidrantes e chuveiros sejam independentes.

Tabela 4.7 – Demanda de hidrantes e duração do abastecimento de água (cálculo hidráulico)

Tipo de ocupação	Demanda de hidrantes L/min	Duração min
Risco Leve	380	30
Risco Ordinário	950	60
Risco extra ou extraordinário	1900	90

Um gráfico importante para o dimensionamento das demandas de água dos chuveiros automáticos é o das Curvas de densidade e área de operação. O dimensionamento é realizado tomando como base uma área de aplicação, cujo valor é determinado no eixo das ordenadas a partir de um ponto adotado na reta da classe de risco da edificação e a densidade de água, que deve ser aspergida sobre essa área de aplicação, tem o valor determinado pela projeção do ponto da reta sobre o eixo das abscissas.

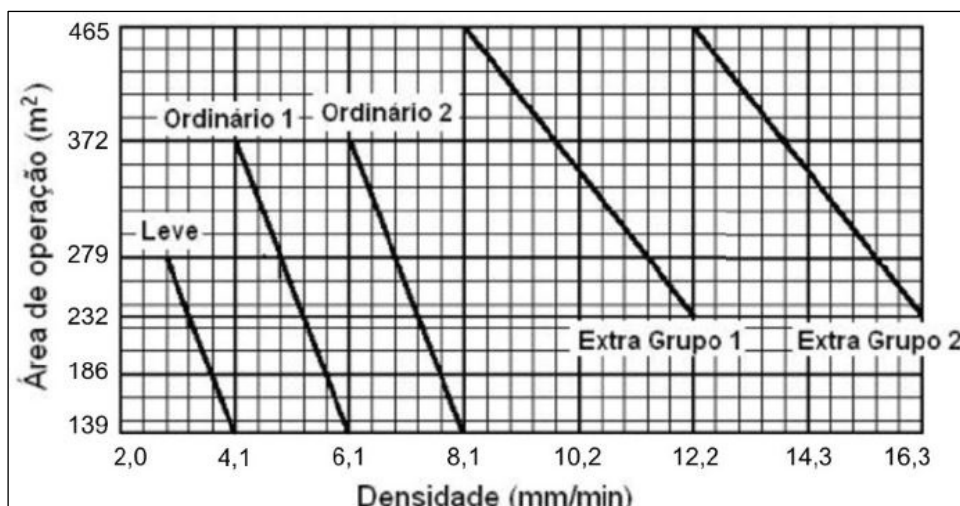


Figura 4.4 – Curvas de densidade e área de operação

O número máximo de chuveiros automáticos dentro da área de aplicação pode ser calculado pela seguinte relação:

$$N_{ch} = \frac{A_a}{A_c} \quad (4.10)$$

- N_{ch} = Número de chuveiros automáticos na área de aplicação;
- A_a = Área de aplicação, em m²;
- A_c = Área de cobertura de cada chuveiro automático, em m².

Para o dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos por tabelas, algumas etapas devem ser seguidas após o roteiro descrito no item anterior.

- Determinação da vazão e da pressão nos dois chuveiros mais desfavoráveis hidraulicamente;
- Determinação da perda de carga no ramal;
- Determinação da pressão requerida na VGA;
- Determinação da perda de carga na tubulação de recalque e sucção;
- Determinação da pressão requerida na bomba;

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão apresentadas todas as discussões pertinentes ao trabalho e os resultados obtidos a partir da metodologia proposta no capítulo 4, cumprindo todos os objetivos mencionados no capítulo 1.

5.1 RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO (RTI)

As edificações da Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro devem ser analisadas individualmente para que se defina a solução mais adequada. Diante disso, e com base na classificação representada na Tabela 2.2, tem-se que as edificações da UnB se enquadram no Grupo B-1 e Grupo A, risco médio e baixo respectivamente.

As principais edificações de estudo podem ser divididas em:

- **ICC – Instituto Central de Ciências:** Grupo B-1 devido ao seu uso/ocupação caracterizar-se em escolares, com área superior a 200 m² (Tabela 2.2). Importante ressaltar, esta edificação possui a maior área construída do Campus, apesar de possuir laboratórios científicos, não há presença de materiais explosivos e tóxicos;
- **BCE – Biblioteca Central:** Grupo B-1 devido seu uso/ocupação caracterizar-se em concentração de público, especificamente biblioteca (Tabela 2.2);
- **Reitoria:** Grupo A devido seu uso/ocupação caracterizar-se em serviços profissionais, especificadamente escritórios administrativos (Tabela 2.2);
- **FT – Faculdade de Tecnologia e SG12 – Serviços Gerais 12 –:** Grupo B-1 devido seu uso/ocupação caracterizar-se em escolares com área superior a 200 m² (Tabela 2.2).

A partir das áreas construídas de cada edificação da UnB fornecidos pelo CEPLAN, foi possível calcular o volume necessário para as reservas técnicas de incêndio. Inicialmente as RTIs já foram calculadas pelo CEPLAN, porém, sugere-se uma nova classificação, visto que todas as edificações foram classificadas como B1. As edificações como a reitoria, pavilhão multiuso I e II e outras, se caracterizam como edificações com risco baixo (Tabela 2.2), por esta razão, foram calculados novos volumes para as RTIs e estão apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – RTI para cada edificação da UnB

Edifício	Sigla	Área (m²)	Reserva Técnica de Incêndio RTI (m³)	Classe de Incêndio	Pavimentos	Destinação
INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS	ICC	126.661	155,59	B1	3	Utilizado por diversas Unidades Acadêmicas, órgãos da Administração central, atividades comerciais e de serviços
FACULDADE DE MEDICINA/CIÊNCIAS DA SAÚDE	FM/FS	20.373	28,05	B1	1	Faculdade de Ciências da Saúde e Faculdade de Medicina
FACULDADE DE TECNOLOGIA	FT	18.466	25,76	B1	1	Faculdade de Tecnologia
BIBLIOTECA CENTRAL	BCE	17.955	25,15	B1	3	Biblioteca Central e Faculdade de Ciências da Informação
REITORIA		8.001	9,70	A	3	Administração Central
SERVIÇOS GERAIS 11 - LAB. DE ENGENHARIA ELÉTRICA	SG 11	8.000,00	13,20	B1	1	Laboratórios pesados da Faculdade de Tecnologia
RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO	RU	6.333	8,03	A	1	Restaurante Central
PAVILHÃO MULTIUSO I	PMU I	6.016	7,72	A	1	Atividades acadêmicas, administrativas, órgãos externos, e atividades comerciais e de serviços
CENTRO DE EXCELENCIA EM TURISMO	CET	5.801	7,50	A	1	Centro de Excelência em Turismo
SERVIÇOS GERAIS 12 - LAB. DE ENGENHARIA CIVIL	SG 12	5.670	10,40	B1	1	Laboratórios pesados da Faculdade de Tecnologia
PAVILHÃO MULTIUSO II	PMU II	4.591	6,29	A	1	Atividades acadêmicas e administrativas
INSTITUTO DE ARTES - OFICINAS ESPECIAIS	OES/IDA	4.117	8,54	B1	1	Departamento de Artes Cênicas do Instituto de Artes.
NÚCLEO DE MEDICINA TROPICAL	NMT	3.170	7,40	B1	1	Núcleo de Medicina Tropical
SERVIÇOS GERAIS 9 - LAB. DE ENGENHARIA MECÂNICA	SG 9	3.055	7,27	B1	1	Laboratórios do Departamento de Engenharia Mecânica
FACULDADE DE EDUCAÇÃO 5	FE 5	2.979	7,17	B1	1	Faculdade de Educação - Auditório Dois Candangos
SERVIÇOS GERAIS 1 - INSTITUTO DE ARTES	SG 1 - IDA	2.677	6,81	B1	1	
FACULDADE DE EDUCAÇÃO 1	FE 1	2.666	6,80	B1	1	Faculdade de Educação
FACULDADE DE EDUCAÇÃO 3	FE 3	2.567	6,68	B1		Faculdade de Educação
ASSOCIAÇÃO DOS APOSENTADOS DA FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	APOSFUB	1.683	4,20	A	1	

Edifício	Sigla	Área (m²)	Reserva Técnica de Incêndio RTI (m³)	Classe de Incêndio	Pavimentos	Destinação
LABORATÓRIO DE SISMOLOGIA	SIS	1.580	6,60	B1	2	Observatório Sismológico, vinculado ao Instituto de Geociências.
CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTE URBANOS	CEFTRU	1.433	4,20	A	1	Centro de Formação de Recursos Humanos em Transportes Urbanos
OCA II	OCA II	1.324	4,20	A	1	Coordenação de Proteção ao Patrimônio da PRC
SERVIÇOS GERAIS 10 - CENTRO DE PLANEJAMENTO OSCAR NIEMEYER	SG 10 - CEPLAN	1.203	6,60	B1	1	
CENTRO DE VIVÊNCIA BL. C	CVIV	1.015	4,20	A	1	Agência do Banco do Brasil, livraria da Editora da UnB, Café
SERVIÇOS GERAIS 2 - DEPARTAMENTO DE MÚSICA	SG 2	993	6,60	B1	1	
SERVIÇOS GERAIS 4 - DEPARTAMENTO DE MÚSICA	SG 4	879	6,60	B1	1	
CASA DO PROFESSOR	CPROF	788	4,20	A	2	Centro de convivência dos professores, vinculado à Associação dos Docentes da UnB (ADUnB)
SERVIÇOS GERAIS 8 - AUDITÓRIO DE MÚSICA	SG 8	254	6,60	B1	1	Concentração de Público (Auditório)

O CEPLAN também forneceu plantas digitais em formato .dwg contendo a alocação dos reservatórios que possuirão volume tanto para a RTI quanto para reserva de consumo na Universidade de Brasília.

Para melhor análise e facilidade de visualização, foi elaborado um mapa em formato GIS, onde foi realizado um georreferenciamento com sistema de referência SIRGAS 2000. Os arquivos estarão à disposição da UnB. O mapa está apresentado na Figura 5.1.

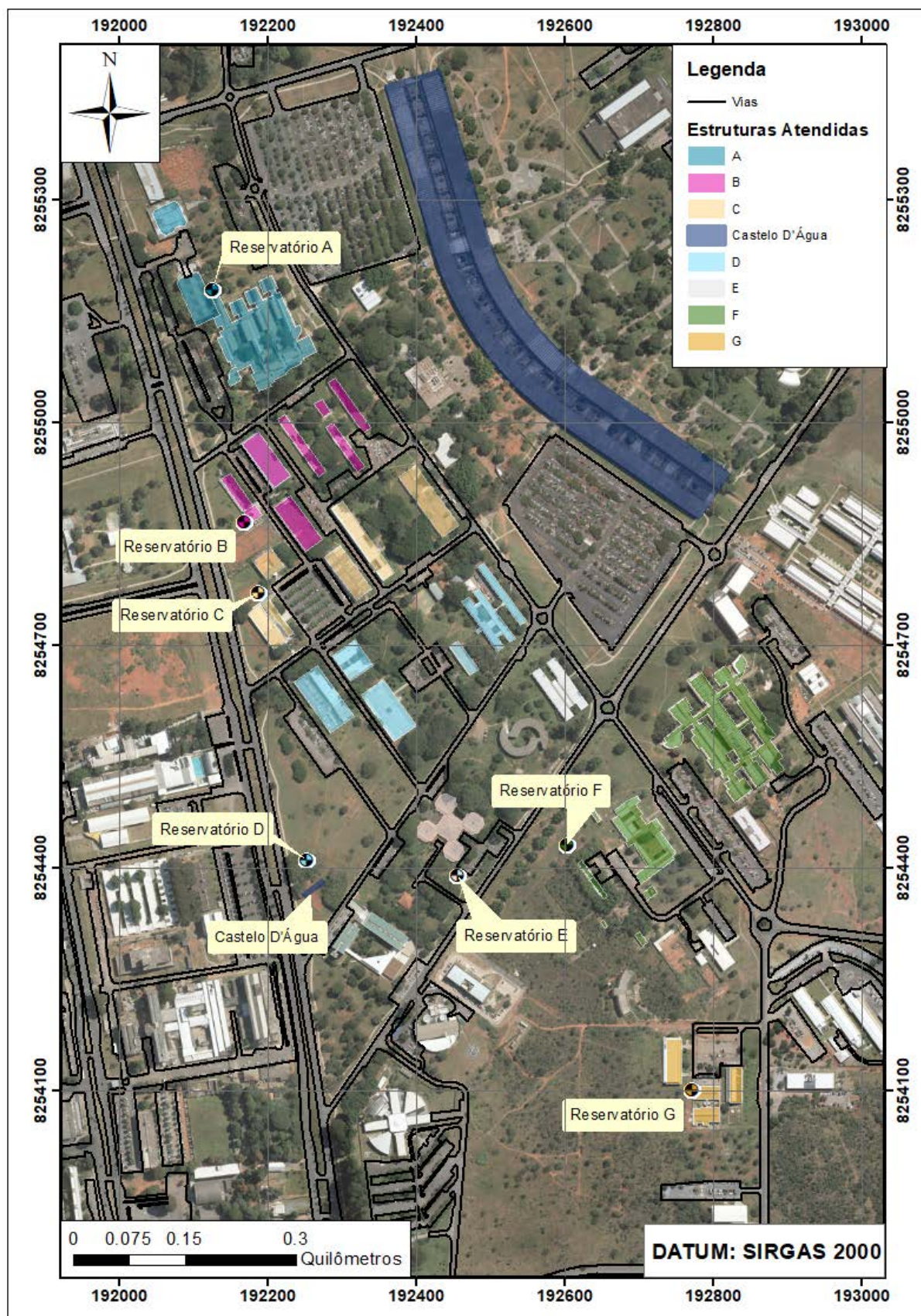


Figura 5.1 – Mapa com localização dos reservatórios propostos pelo CEPLAN (Fonte: Autor)

A Tabela 5.2 apresenta as RTIs para cada grupo de edificações segundo os reservatórios levantados pelo CEPLAN.

Tabela 5.2 – Resumo das RTIs para hidrantes por reservatório

Reservatório	Edificação	RTI (m³)	Total (m³)
A	FT	25,76	25,76
B	Lab. Sismologia	6,6	56,6
	SG-12	10,4	
	SG-11	13,2	
	SG-10	6,6	
	SG-8	6,6	
	SG-4	6,6	
	SG-2	6,6	
C	Casa do Professor	4,2	35,22
	APOSFUB	4,2	
	SG-9	7,27	
	Complexo das Artes	8,54	
	SG-1	6,81	
	Centro de Vivência	4,2	
D	FE-1	6,8	32,57
	FE-3	6,68	
	FE-5	7,17	
	OCA-II	4,2	
	PMU-I	7,72	
E	CET	7,5	13,79
	PMU-II	6,29	
F	Núcleo Med. Tropical	7,4	35,45
	FS/FM	28,05	
G	CEFTRU	4,2	4,2

Como mencionado anteriormente, este trabalho de conclusão de curso foi elaborado em conjunto com o trabalho final de Oliveira (2018), onde foi levantado a demanda hídrica dos grupos de edificações a partir dos reservatórios propostos pelo CEPLAN.

A RTI para os chuveiros automáticos pode ser obtida por meio da Tabela 4.6 multiplicando a vazão mínima e o tempo de funcionamento dos chuveiros, resultando em uma RTI de 171 m³ para o ICC (risco leve).

A Tabela 5.3 apresenta um resumo dos volumes de águas por grupo e seus respectivos volumes comerciais obtidos a partir de pesquisas de fornecedores. Importante ressaltar que somente para o ICC foi calculado a RTI para o sistema de chuveiros automáticos.

Tabela 5.3 – Resumo dos volumes de água (RTI dos hidrantes e *sprinklers* + Demanda hídrica)

Grupo	Edificação	Vol. Abastecimento (m³)	Vol. RTI (m³)	Vol. Total do Reservatório (m³)	Volumes Comerciais (m³)
-	ICC	267	325,6	592,6	-
A	FT	40	25,7	65,7	70
B	Lab. Simologia	6,81	6,6	91,19	100
	SG -12	12,78	10,4		
	SG -11	6,4	13,2		
	SG - 10	2,93	6,6		
	SG - 8	0,56	6,6		
	SG - 4	2,65	6,6		
	SG - 2	2,46	6,6		
C	SG - 9	6,81	7,27	48,61	50
	SG - 1	12,78	6,81		
	Complexo das Artes	6,4	8,54		
D	FE - 1	3,28	6,8	69,96	70
	FE - 3	1,95	6,68		
	FE - 5	8,1	7,17		
	PMU - I	28,26	7,72		
E	CET	18,33	7,5	36,8	50
	PMU - II	4,68	6,29		
F	Núcleo Med. Tropical	4,41	7,4	86,07	100
	FS/FM	46,26	28		
G	CEFTRU	1,66	4,2	5,86	7

Os volumes comerciais adotados foram obtidos a partir de um catálogo da empresa Stock Caixas.

As dimensões dos reservatórios estão apresentadas na tabela Tabela 5.4 e uma foto de uma caixa d'água tubular está apresentada na Figura 5.2.

Tabela 5.4 – Caixa d'água tubular – Stock Caixas

Referência	Volume (m³)	Altura (m)	Diâmetro (m)
CTU 71	7	7,9	1,11
CTU 101	10	6,3	1,43
CTU 102	10	7,9	1,2
CTU 501	50	10,0	2,54
CTU 502	50	13,0	2,22
CTU 701	70	11,0	2,86
CTU 1001	100	12,6	3,18
CTU 1002	100	15,6	2,86

Fonte: <http://www.stockcaixasdagua.com.br/caixa-dagua-tubolar.php>



Figura 5.2 – Caixa d'água tubular (Stock Caixas)

Em relação a reserva técnica de incêndio do ICC, o reservatório B será utilizado somente para esta função, visto que o volume necessário para a RTI dos *sprinklers* e hidrantes é de 325,6 m³ e o reservatório B possui volume de aproximadamente 460 m³. O item 5.4 detalha como será o arranjo hidráulico para o reservatório B.

5.2 DIMENSIONAMENTO DOS CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

Embora a área do ICC ultrapasse a área máxima permitida, os chuveiros automáticos foram dimensionados pelo método das tabelas, visto que se trata apenas de uma concepção de projeto cujo objetivo é verificar se o desnível geométrico entre o ICC e o castelo d'água é suficiente para abastecer o sistema por gravidade. Cabe destacar que para um projeto executivo é obrigatório o dimensionamento por meio do cálculo hidráulico.

Para o dimensionamento do sistema de chuveiros automáticos do ICC, as seguintes etapas foram seguidas:

Primeiramente o ICC foi classificado segundo sua classe de risco de ocupação conforme item 2.5. Como o ICC é uma edificação com salas de aula e secretarias, é esperado uma taxa de incêndio baixa, caracterizando em uma ocupação de risco leve.

A vazão mínima para uma ocupação de risco leve segundo a Tabela 4.6 é de 2850 L/min ou 47,5 L/s.

Com objetivo de diminuir custos para a Universidade de Brasília, ao invés de efetuar uma compra de um reservatório elevado para garantir a pressão do sistema de chuveiros automáticos, propõe-se uma instalação de um sistema de bombeamento by pass na rede de distribuição dos hidrantes, este sistema será composto por uma bomba jockey, pressostato e uma bomba principal como descrito no capítulo 2. O sistema poderá ser instalado na entrada do ICC. Com essa proposta, evita-se de construir novas tubulações, escavação de valas, e compra de reservatórios.

Para determinar a altura manométrica ou a pressão mínima requerida na bomba foi utilizado a seguinte expressão:

$$H_{man} = p_{vga} + h_g + h_p + h_d \quad (5.1)$$

Em que:

- H_{man} = Altura manométrica total, em m;
- p_{vga} = Pressão mínima efetiva que deve ocorrer na VGA, em m;
- h_g = Altura geométrica entre o nível da VGA e o nível do chuveiro mais elevado, em m;
- h_p = Perda de carga localizada;

- h_d = Perda de carga distribuída do ICC até o a coluna de incêndio do chuveiro mais desfavorável.

Conforme a Tabela 4.6 a pressão mínima que se deve ter em uma VGA (Válvula de Governo e alarme) é de 10,0 mca.

A altura geométrica entre a VGA e o chuveiro mais elevado foi estipulada como 7 metros.

Conforme Brentano (2005) a perda de carga localizada no trajeto que vai da bomba até o chuveiro mais desfavorável pode ser feita uma estimativa equivalente a 30% da pressão efetiva mínima da VGA, mais o desnível entre a VGA e o chuveiro mais desfavorável. Essa estimativa considera a mudança de diâmetro dos ramais e sub-ramais e algumas peças hidráulicas normalmente utilizadas no sistema de chuveiros automáticos.

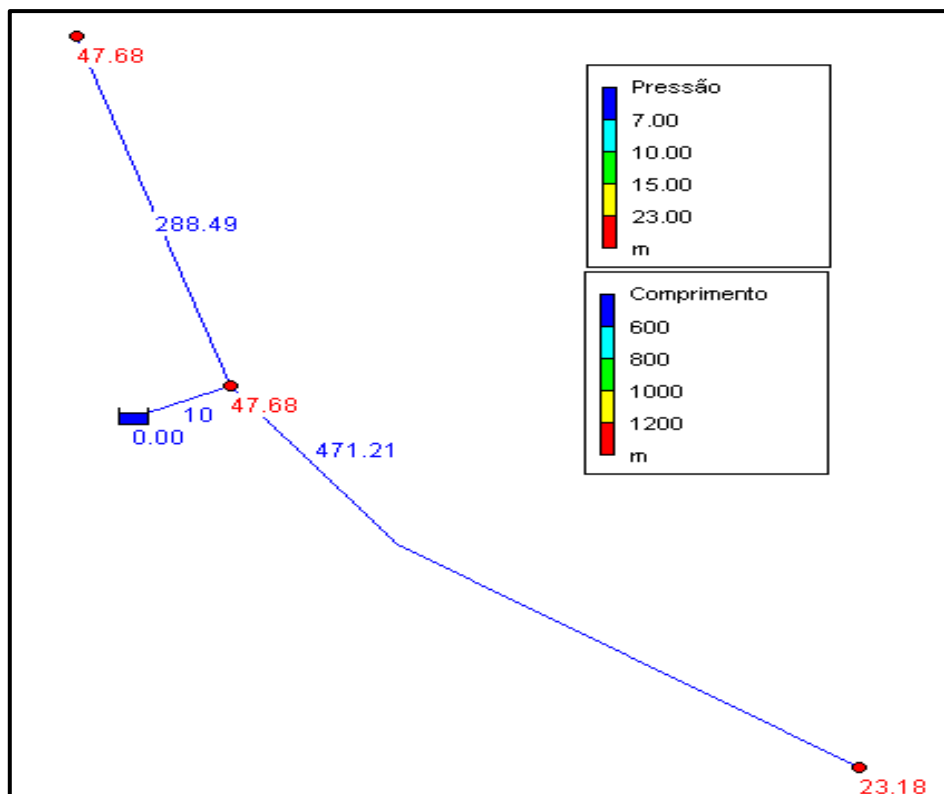
Dessa forma, temos:

$$H_{man} = 11,0 + 7,0 + 0,3 \times (10 + 7,0) + h_d$$

$$H_{man} = 23,1 + h_d$$

Para determinar a perda de carga distribuída, diâmetro da tubulação e altura manométrica necessária, foi simulado uma rede no EPANET, onde foi alocado um reservatório no início da rede com objetivo de obter a altura manométrica necessária para o sistema.

Figura 5.3 – Simulação da rede de distribuição para os Sprinklers



A tubulação utilizada foi o PEAD SDR 17 com diâmetro nominal de 160 mm e interno 141 mm. Para que haja uma pressão de 23.1 mca mais a perda de carga distribuída do ICC até o a coluna de incêndio do chuveiro mais desfavorável, conforme calculado anteriormente, o nível d'água deverá ser de 1075,2 m. Como a cota do terreno onde o reservatório está instalado é de 1027m, tem-se que a altura manométrica total é a diferença entre estes valores obtidos, resultando em uma pressão mínima requerida na bomba ou altura manométrica total de 48,2 mca.

É importante ressaltar que se a rede de distribuição dos chuveiros automáticos for a mesma dos hidrantes, tem-se uma carga hidráulica adicional devido a diferença de cotas do castelo d'água e da cota de entrada do ICC. Diante disso, para se obter a pressão de sucção da bomba, uma rede foi simulada com diâmetros de 200 mm e 225 mm e está representada na Figura 5.4. A pressão de sucção da bomba para diâmetro de 200 mm foi de 0,44 mca e para o diâmetro de 225 mm foi de 9,52 mca.

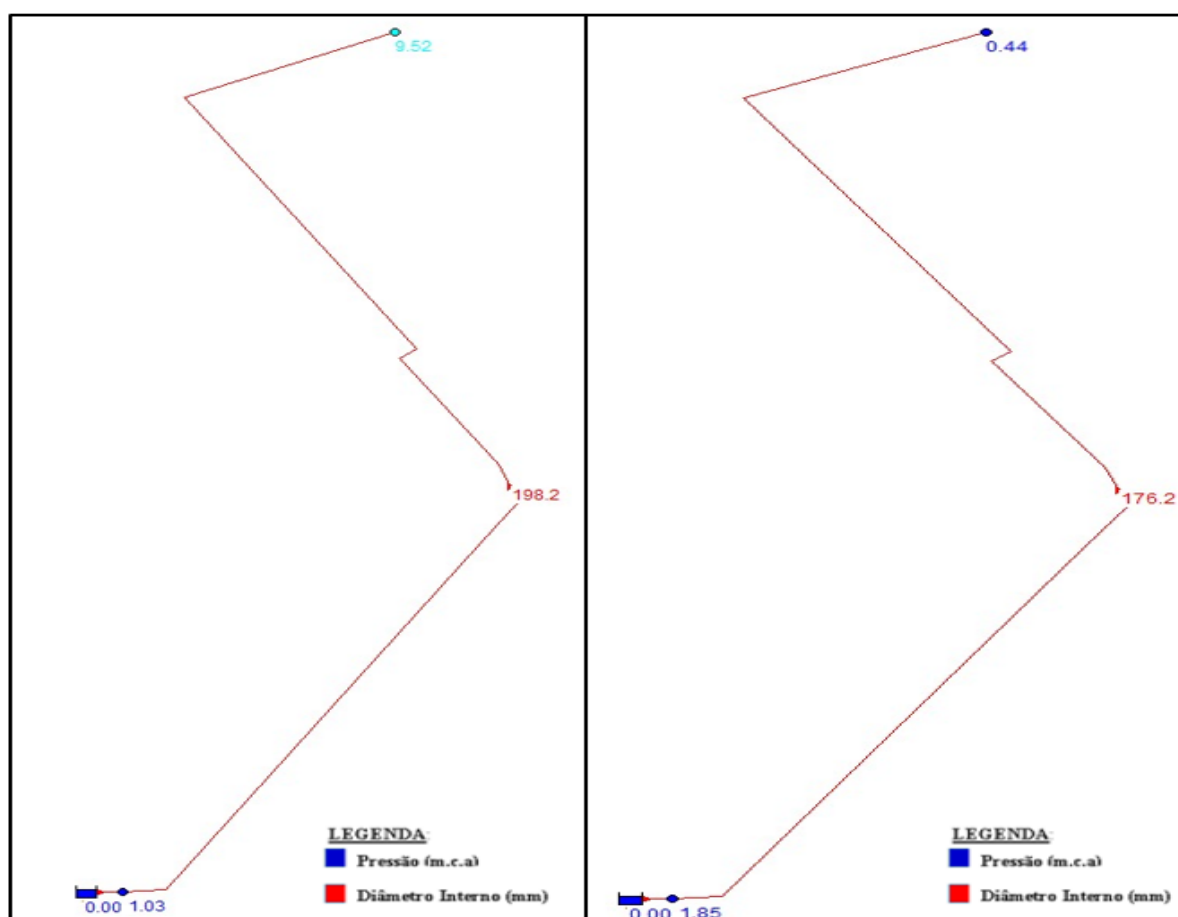


Figura 5.4 – Pressão de sucção da bomba para os dois diâmetros simulados (Ø200 e Ø225)

Dessa forma, a altura manométrica da bomba necessária para atender a pressão preconizada em norma, será a pressão de 48,2 mca calculada anteriormente menos a pressão na entrada do ICC, por exemplo, para a rede com diâmetro de 200 mm a altura manométrica necessária é de 48,2 mca menos 9,52 mca (entrada do ICC) o que resulta em uma pressão de 38,52 mca.

As peças hidráulicas e seus respectivos comprimentos equivalentes estão apresentadas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 - Peças hidráulicas e comprimento equivalente (rede de hidrantes e *sprinklers*)

Trecho (Castelo -> Entrada ICC)	Peça	Quant.	Le	Comp. Equivalente (m)
	Curva 90°	3	2,1	6,3
	Válvula de Retenção	5	13,9	69,5
	Registro de Gaveta	2	1,2	2,4
	Curva 45°	2	4,8	9,6
	Tê 2 saídas	2	8	16
	Entrada Normal	1	2,8	2,8
	Tubulação AB	-	-	-
			Total	106,6

Conforme Tabela 4.3 , a área máxima que pode ser protegida por um sistema de chuveiros automáticos, controlado por um jogo de válvulas de controle, com a classe de risco de ocupação leve é de 4800m².

Uma proposta para o arranjo dos chuveiros automáticos para o ICC está apresentada na Figura 5.5. Foi dividido em 6 áreas por pavimento todas menores do que 4800m², portanto, todas podem ser abastecidas por um sistema controlado por uma válvula de controle. Importante ressaltar, que o ICC possui 3 pavimentos, subsolo, térreo e primeiro andar, a área da figura 5.5, representa a projeção dos pavimentos. A divisão das áreas foi realizada a partir de análise da

arquitetura e visita ao local para verificar os espaçamentos entre cada área. Entre as áreas propostas existem áreas sem salas de aulas e departamentos.

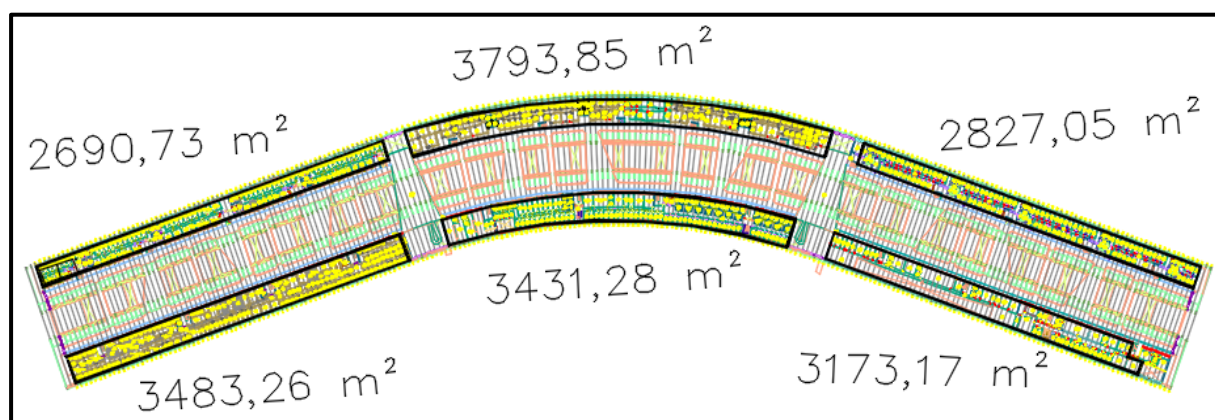


Figura 5.5 – Áreas de cobertura por pavimento da VGA para o ICC

5.3 REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Conforme o item 4.1.3, para simular a rede por meio do EPANET, as perdas de carga localizadas foram determinadas a partir do método de comprimento equivalente. Foi criada uma tubulação entre o reservatório e o primeiro nó com o objetivo de simular a perda de carga localizada nas peças hidráulicas.

As Tabela 5.6 e Tabela 5.7 apresentam as peças hidráulicas dos dois cenários juntamente com os comprimentos equivalentes. É importante destacar que foi utilizado curvas, porém, sabe-se que o PEAD possui boa flexibilidade conforme catálogos de fabricantes como Tigre ADS e Politejo. As tubulações em polietileno permitem fazer curvaturas com relativa facilidade possibilitando a sua instalação em traçados com curvas.

Tabela 5.6 – Peças hidráulicas e comprimento equivalente (Cenário 1)

	Peça	Quant.	Le	Comp. Equivalente (m)
Trecho AB (Castelo -> Entrada ICC)	Curva 90°	2	2,1	4,2
	Válvula de Retenção	3	13,9	41,7
	Registro de Gaveta	1	1,2	1,2
	Curva 45°	4	4,8	19,2
	Entrada Normal	1	2,8	2,8
	Tubulação AB	-	-	-
Trecho BC (Entrada ICC -> Fim do ICC)	Registro de Gaveta	2	1,2	2,4
	Tubulação BC	-	-	-
Trecho CD (Tubulações verticais e hidrantes)	Tê 2 saídas	2	8	16
	Registro tipo globo	2	40	80
	Válvula de Retenção	2	13,9	27,8
	Saída do Esguicho	-	-	-
	Mangueira	-	-	-
	Tubulação CD	-	-	-
Total				195,3

Tabela 5.7 - Peças hidráulicas e comprimento equivalente (Cenário 2)

	Peça	Quant.	Le	Comp. Equivalente (m)
Trecho AB (Castelo -> Entrada ICC)	Curva 90°	3	2,1	6,3
	Valvula de Retenção	5	13,9	69,5
	Registro de Gaveta	2	1,2	2,4
	Curva 45°	2	4,8	9,6
	Tê 2 saídas	2	8	16
	Entrada Normal	1	2,8	2,8
	Tubulação AB	-	-	-
Trecho BC (Entrada ICC -> Fim do ICC)	Registro de Gaveta	2	-	1,2
	Tubulação BC	-	-	-
Trecho CD (Tubulações verticais e hidrantes)	Tê 2 saídas	2	8	16
	Registro tipo globo	2	40	80
	Válvula de Retenção	2	13,9	27,8
	Saída do esguicho	-	-	-
	Mangueira	-	-	-
	Tubulação CD	-	-	-
			Total	231,6

Para analisar o melhor cenário foi levantado a extensão total da rede, diâmetro e pressão no hidrante mais desfavorável, sendo o nó n7 o nó mais desfavorável no cenário 1 e o nó n10 no cenário 2, conforme Figura 4.2 e Figura 4.3. A Tabela 5.8 apresenta um resumo dos parâmetros de cada cenário.

Tabela 5.8 – Comparação dos cenários

Levantamento	Cenário 1	Cenário 2
Extensão Total Ø160 (m)	2361,1718	2561,60
Extensão Total Ø75/90 (m)	7,0	14,0
Pressão Hazen-Williams (mca)	12,07	12,58
Pressão Darcy-Weisbach (mca)	11,93	12,45
Diâmetro trecho AB (mm)	160	160
Diâmetro trecho BC (mm)	160	160
Diâmetro trecho CD (mm)	90	75

Na simulação das redes, não foi considerado a perda de carga na saída do esguicho. Conforme o item 4.8.1 da NT nº 8 do CBMDF o jato d'água deve atingir a uma distância mínima de 10 m, com esguicho na posição horizontal a 1 m de altura.

Substituindo os valores na fórmula dada no item 4.1.3 temos que $u = 22,14$ m/s e Δh apresentado na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Perdas localizadas conforme coeficiente de velocidade do requinte

Cv	Perdas (Δh) m
0,95	2,762831753
0,96	2,175557821
0,97	1,606353212
0,98	1,054484179

Para um Cv de 0,97 a perda de carga é de 1,606 m (Tabela 5.9), dessa forma, analisando o cenário 1 com pressão de 11,93 mca no hidrante mais desfavorável e subtraindo a perda de carga, temos que a pressão é de 10,32 mca. Como a pressão mínima nos hidrantes segundo a norma é de 10 mca, esse cenário apresenta apenas 0,32 mca superior ao preconizado, portanto, o cenário 2, apesar de possuir uma extensão total maior do que o cenário 1, é mais favorável à segurança.

Além disso, para atender um coeficiente de velocidade do requinte de 0,95 é necessária uma pressão mínima de 10 mca conforme a norma mais 2,76 mca de perda de carga para este coeficiente de velocidade, resultando em 12,76 mca. Com o aumento do diâmetro nominal da tubulação dos dois cenários de 160 mm para 180 mm, ambos cenários possuirão pressão suficiente para atender o sistema conforme simulação apresentada na Figura 5.6. Porém, a pressão no cenário 1 ainda será relativamente próxima ao mínimo necessário.

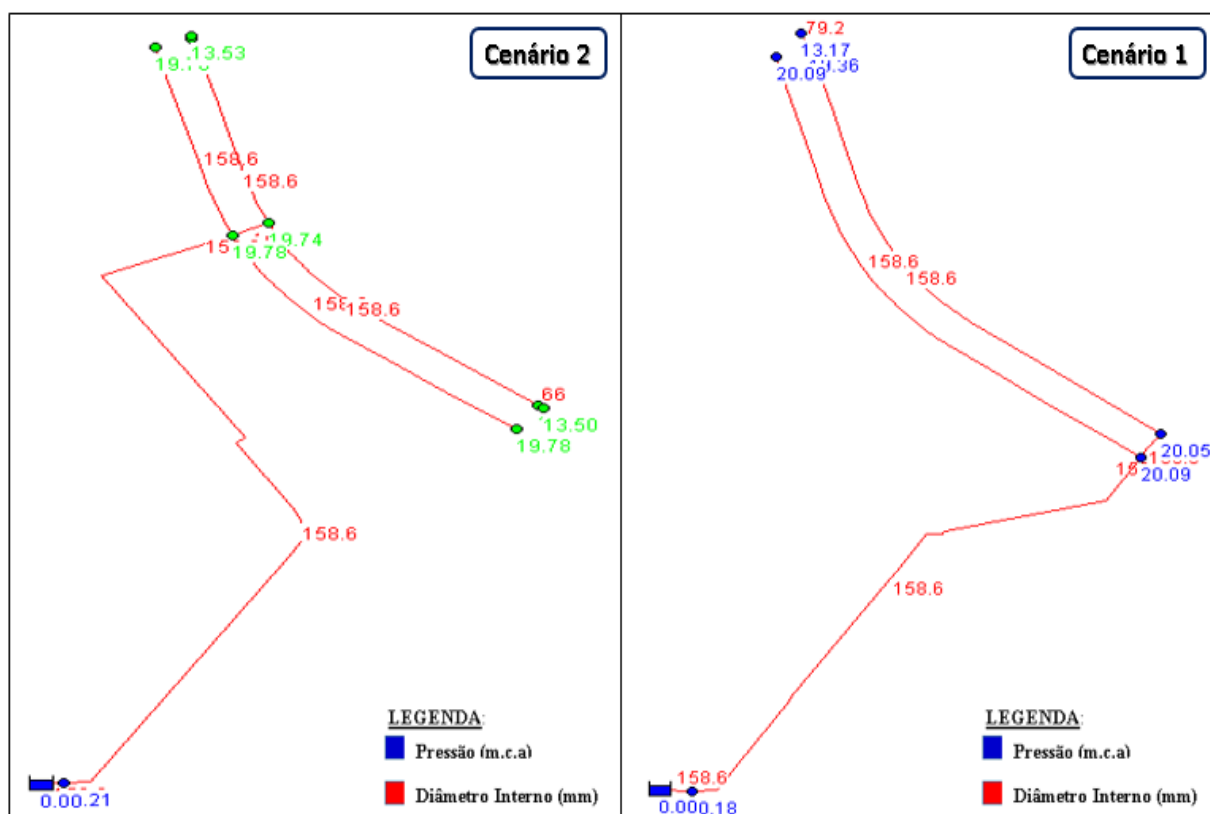


Figura 5.6 – Cenário 1 e 2 com $C_v = 0,95$

Os resultados da simulação dos cenários 1 e 2 com diâmetro nominal de 160 mm estão apresentados na Tabela 5.10 , a Figura 4.2 apresenta a localização de cada nó.

Tabela 5.10 – Resultado da simulação hidráulica nos nós do cenário 1 (Hazen-Williams)

Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Pressão -Ø160 (mca)	Pressão -Ø180 (mca)
n4	1027	0,00	19,40	20,10
n5	1027	0,00	18,25	19,45
n6	1027	0,00	19,47	20,14
n1	1027	0,00	19,47	20,14
n2	1027	0,00	19,47	20,14
n7	1033	7,33	12,07	13,27
RNF 1	1048	-7,33	0,00	0,00
n3	1048	0,00	-0,30	-0,17

Tabela 5.11 - Resultado da simulação hidráulica nos trechos do cenário 1 (Hazen-Williams)

Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade	Perda de Carga Ø160 [m]	Perda de Carga Ø180 [m]
p1	0,512	141/158,6	150	0,001	0,0
p7	7,0	79,2	150	0,18	0,179
p3	42,86	141/158,6	150	0,07	0,037
p6	195,3	141/158,6	150	0,3	0,170
p4	747,0	141/158,6	150	1,15	0,650
p5	775,4	141/158,6	150	0,0	0,000
p2	795,4	141/158,6	150	1,22	0,692

Tabela 5.12 - Resultado da simulação hidráulica nos nós do cenário 1 (Darcy-Weisbach)

Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Pressão- Ø160 (mca)	Pressão - Ø180 (mca)
n4	1027	0,0	19,32	20,05
n5	1027	0,0	18,11	19,36
n6	1027	0,0	19,39	20,09
n1	1027	0,0	19,39	20,09
n2	1027	0,0	19,39	20,09
n7	1033	7,33	11,91	13,17
RNF 1	1048	-7,33	0,0	0,0
n3	1048	0,0	-0,32	-0,18

Tabela 5.13 - Resultado da simulação hidráulica nos trechos do cenário 1 (Darcy-Weisbach)

Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Perda Carga Ø160 [m]	Perda Carga Ø180 [m]
p1	0,5118	141/158.6	0,025	0,001	0,001
p7	7,0	79,2	0,01	0,181	0,191
p3	42,86	141/158.6	0,025	0,070	0,039
p6	195,3	141/158.6	0,025	0,318	0,180
p4	747,0	141/158.6	0,025	1,210	0,687
p5	775,4	141/158.6	0,025	0,000	0,00
p2	795,4	141/158.6	0,025	1,297	0,732

Tabela 5.14 - Resultado da simulação hidráulica nos nós do cenário 2 (Hazen-Williams)

Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Pressão - Ø160 (mca)	Pressão-Ø180 (mca)
n6	1027	0,0	18,95	19,84
n5	1027	0,0	18,95	19,84
n8	1027	0,0	18,71	19,71
n7	1027	0,0	18,76	19,74
n2	1027	0,0	18,95	19,84
n3	1027	0,0	18,88	19,81
n4	1027	0,0	18,95	19,84
n9	1033	3,67	12,58	13,59
n10	1033	3,67	12,64	13,62
RNF 1	1048	-7,34	0,0	0,0
n1	1048	0,0	-0,36	-0,20

Tabela 5.15 - Resultado da simulação hidráulica nos trechos do cenário 2 (Hazen-Williams)

Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade	Perda de Carga Ø160 [m]	Perda de Carga Ø180 [m]
p5	0,23	141/158,6	150	0,0	0,0
p9	7,00	66	150	0,121	0,121
p10	7	66	150	0,121	0,121
p2	44,67	141/158,6	150	0,069	0,039
p8	231,60	141/158,6	150	0,359	0,201
p6	285,60	141/158,6	150	0,123	0,069
p3	289,60	141/158,6	150	0,0	0,0
p7	412	141/158,6	150	0,177	0,099
p4	436,50	141/158,6	150	0,0	0,0
p1	1093	141/158,6	150	1,694	0,951

Tabela 5.16 - Resultado da simulação hidráulica nos nós do cenário 2 (Darcy-Weisbach)

Nó	Cota (m)	Consumo (L/s)	Pressão - Ø160 (mca)	Pressão-Ø180 (mca)
n6	1027	0,0	18,84	19,78
n5	1027	0,0	18,84	19,78
n8	1027	0,0	18,58	19,63
n7	1027	0,0	18,64	19,66
n2	1027	0,0	18,84	19,78
n3	1027	0,0	18,77	19,74
n4	1027	0,0	18,84	19,78
n9	1033	3,67	12,45	13,50
n10	1033	3,67	12,5	13,53
RNF 1	1048	-7,34	0,0	0,0
n1	1048	0,0	-0,38	-0,21

Tabela 5.17 - Resultado da simulação hidráulica nos trechos do cenário 2 (Darcy-Weisbach)

Trecho	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Rugosidade (mm)	Perda de Carga Ø160 (m)	Perda de Carga Ø180 (m)
p5	0,23	141	0,025	0,0	0,000
p9	7,00	66	0,01	0,125	0,125
p10	7	66	0,025	0,131	0,131
p2	44,67	141	0,025	0,073	0,041
p8	231,60	141	0,025	0,378	0,213
p6	285,60	141	0,025	0,134	0,077
p3	289,60	141	0,025	0,0	0,000
p7	412	141	0,025	0,194	0,111
p4	436,50	141	0,025	0,0	0,000
p1	1093	141	0,025	1,782	1,006

Caso seja instalado o sistema de bombeamento proposto, conforme o item 5.2 o diâmetro das tubulações deverá ser maior do que 180mm para que haja pressão na tubulação de sucção da bomba, o diâmetro deverá ter no mínimo 200mm. Apesar do aumento do diâmetro, a implantação do sistema de bombeamento é viável, visto que não há necessidade de construir novas tubulações, escavação de valas e mão de obra.

5.4 ARRANJO HIDRÁULICO DO CASTELO D'ÁGUA

Inicialmente foi proposto utilizar o volume de água abaixo da tubulação de distribuição para a reserva técnica de incêndio, porém, o volume não era suficiente.

Com objetivo de diminuir a perda deste volume (volume morto) que não seria mais utilizado, foi proposto instalar uma curva virada para o fundo do reservatório, diminuindo 21 cm o nível d'água. Essa medida faz com que o volume morto do reservatório reduza aproximadamente 23,79 m³. Embora o furo da tubulação no reservatório continue o mesmo, devido à altura do reservatório, este sistema irá se comportar como um sifão que realizará uma sucção do volume morto. A Figura 5.7 apresenta um corte do reservatório elevado com essa proposta.

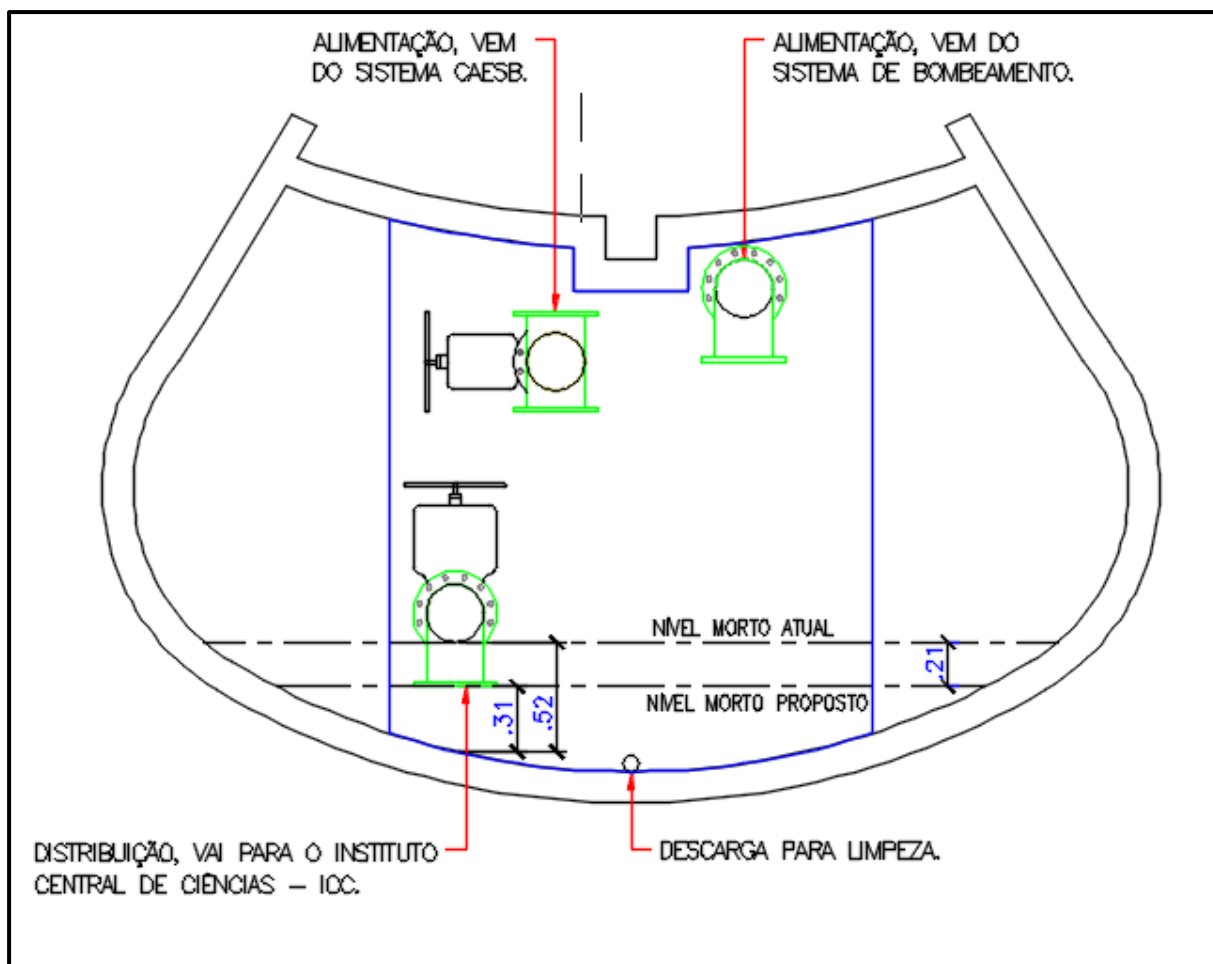


Figura 5.7 – Corte do reservatório elevado com proposto

Em relação ao reservatório B que será utilizado somente para a reserva técnica de incêndio do ICC, contemplando a reserva dos chuveiros automáticos e dos hidrantes, a proposta é desconectar o reservatório A do B para que não haja sucção do sistema de bombeamento instalado no reservatório A.

No final do reservatório B será instalado uma caixa de manobra contendo um registro conectado à rede de distribuição dimensionada no item 5.3, cuja rede será instalada no fundo. A Figura 5.8 apresenta um corte do reservatório B com a tubulação proposta e a Figura 5.10 apresenta em planta os reservatórios e a instalação a ser realizada.

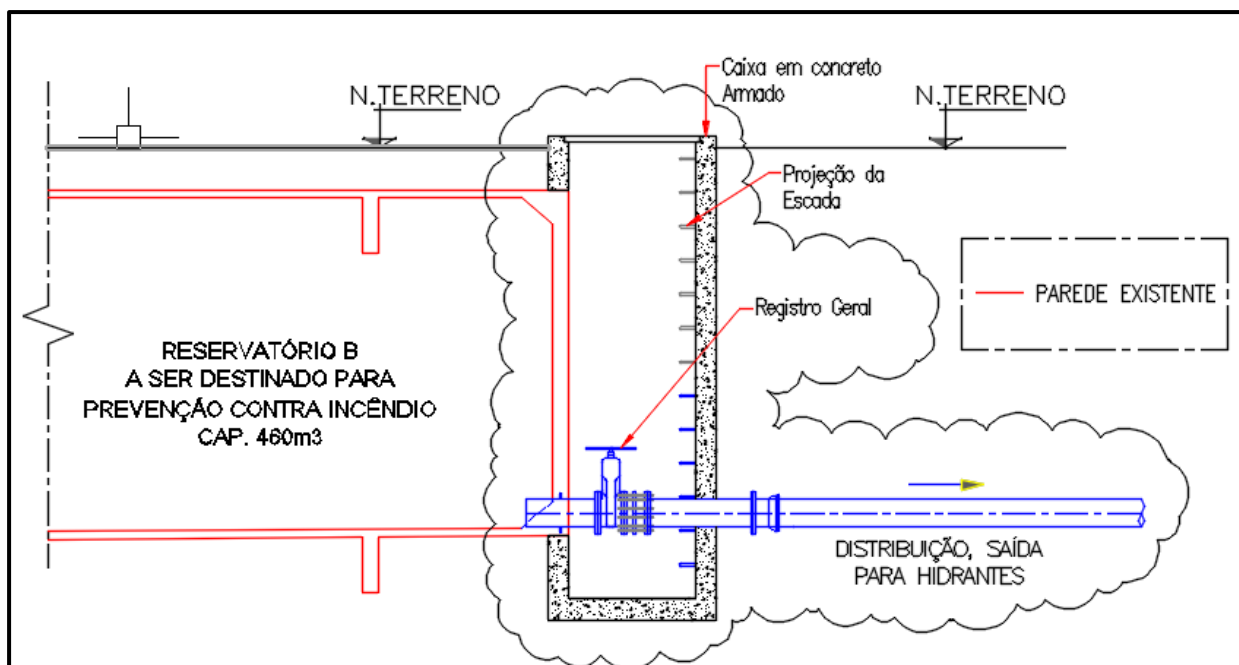


Figura 5.8 – Corte do reservatório B com tubulação proposta (Fonte: Autor)

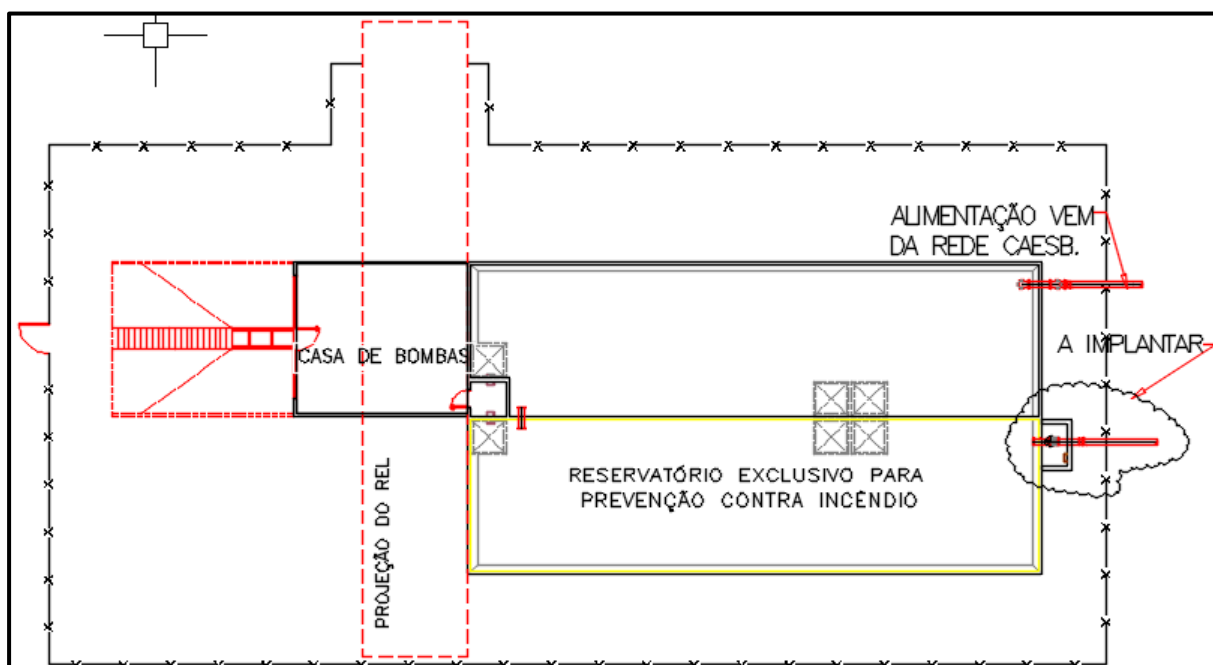


Figura 5.9 – Planta dos reservatórios com as novas instalações (Fonte: Autor)

Para melhor compreensão um fluxograma foi elaborado e está apresentado na Figura 5.10. O reservatório elevado e o reservatório B terá função de abastecer a rede de água do ICC e o reservatório A será utilizado apenas para garantir o volume da reserva técnica de incêndio.

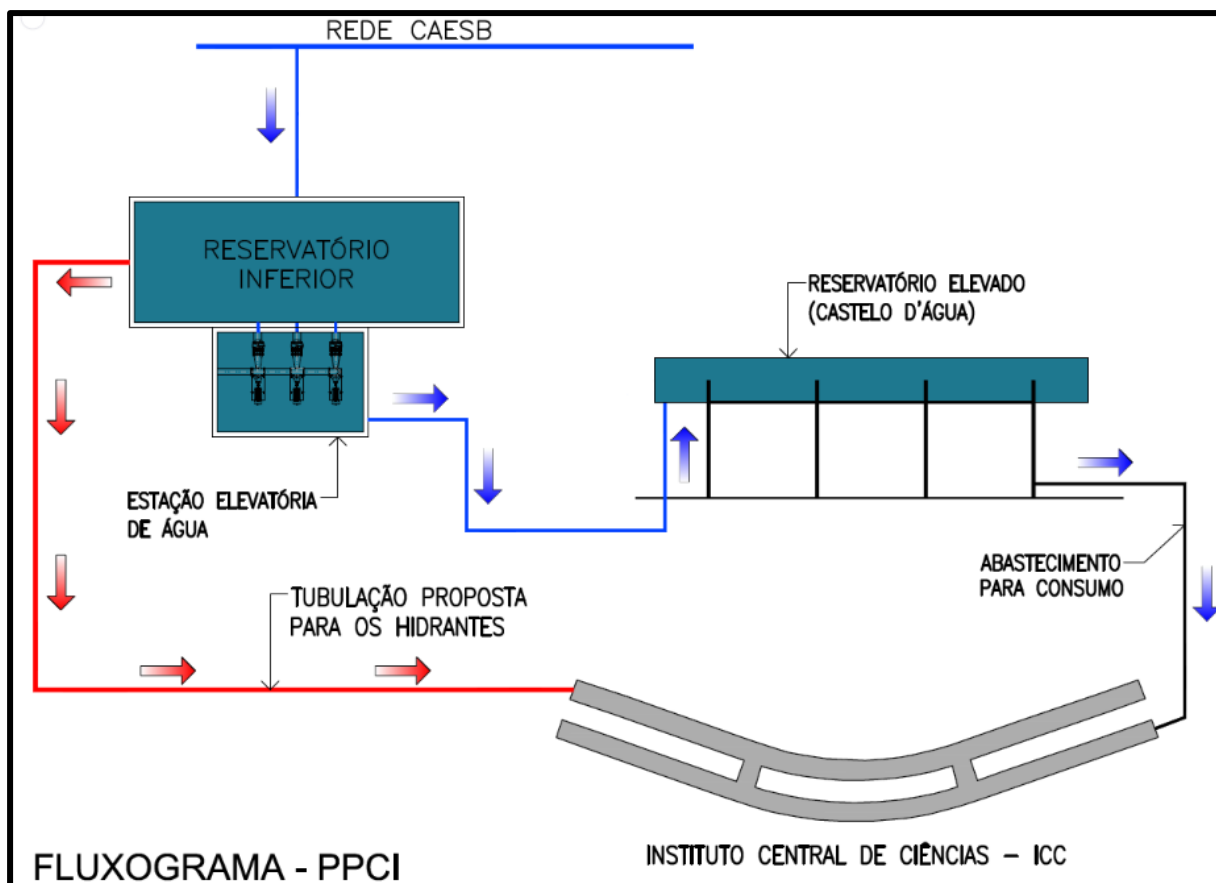


Figura 5.10 – Fluxograma com o arranjo hidráulico proposto (Fonte: Autor)

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo geral propor uma concepção de projeto de instalação de combate a incêndio para o ICC utilizando o castelo d'água presente na UnB. Paralelamente, foram calculadas as RTIs necessárias para cada edificação construída antes das normas vigentes. As soluções adotadas foram realizadas a partir de pesquisas em livros, normas técnicas e consultas com profissionais experientes.

Os resultados obtidos foram satisfatórios e irão permitir um estudo mais detalhado para a utilização do castelo d'água. Além disso, o trabalho trouxe conhecimento sobre irregularidades presentes no ICC e quais pontos devem ser melhorados.

É importante ressaltar que todos os reservatórios poderão ser utilizados tanto para abastecimento de água destinado ao consumo humano quanto para a RTI. Essa solução foi proposta em conjunto com o trabalho de conclusão de curso de Rui de Oliveira, a partir dos cálculos de consumo e da RTI necessária para cada edificação.

Dada à importância do castelo d'água, foi elaborado um novo arranjo hidráulico para otimizar o uso da água. O volume do reservatório B será destinado para armazenar a RTI e o volume do reservatório A e elevado serão destinados para o consumo humano. Em relação ao reservatório elevado, visto que só será utilizado para abastecimento de água, teve-se que diminuir o volume morto (nível d'água abaixo da tubulação que alimenta a rede de distribuição). A solução proposta foi a instalação de uma curva virada para baixo que funcionará como um sifão e permitirá o aumento do volume de água destinado ao consumo.

Foram criados dois cenários para a rede de distribuição do castelo d'água até o ICC e, satisfatoriamente, independente de qual cenário adotar, a diferença de cota do fundo do reservatório B e da cota da entrada do ICC é suficiente para um abastecimento dos hidrantes por gravidade, resultado que irá proporcionar um custo menor em relação a uma rede pressurizada.

Em suma, o cenário 1 possui extensão menor e pressão menor e o cenário 2 possui extensão maior e pressão maior, estes pontos devem ser levados em conta na escolha do cenário, visando sempre a segurança e o custo. A escolha do cenário e qual diâmetro adotar terá que ser avaliada a partir de um orçamento dos sistemas, se o cenário 1 apesar de possuir pressão menor possuir um custo consideravelmente menor do que o cenário 2, este deverá ser adotado. Porém, se o custo for relativamente semelhante ao cenário 2, deverá ser adotado, visto que possui pressão superior o que proporcionará maior segurança ao funcionamento do sistema.

Sabe-se que a instalação de uma rede de distribuição possui um elevado custo. Dessa forma, visando atender o sistema de chuveiros automáticos, que necessita de um sistema de bombeamento devido à altura manométrica ser elevada, a implantação de um sistema operado por um booster na rede de distribuição proposta para os hidrantes, é uma boa medida para reduzir os custos. O presente trabalho trouxe o resultado de que com o aumento do diâmetro da rede de distribuição será possível a instalação do sistema de bombeamento, evitando-se assim, a construção de novas tubulações, movimentações de terra e mão de obra.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Apresentou-se dificuldade para se obter informações sobre projetos de combate e prevenção contra incêndio, não há muita bibliografia sobre o tema. Porém, recomenda-se leitura das normas técnicas vigentes, não só da região, mas de outros municípios também.

Recomenda-se utilizar os arquivos elaborados pelo presente trabalho, visto que já estão georreferenciados e com medidas aferidas em visitas técnicas. Não há plantas do sistema hidráulico do castelo d'água, portanto recomenda-se utilizar os arquivos elaborados pelo presente trabalho também.

Recomenda-se para futuros trabalhos, sempre dimensionar a rede pelo método universal. Embora o método de Hazen-Williams para estimar as perdas de cargas distribuídas seja um método simples, quando comparado a outros métodos presentes na literatura, por outro lado ele não considera os efeitos da variação de temperatura e viscosidade do fluido.

Como sugestão de futuros trabalhos, sugere-se na área de estruturas uma análise estrutural do castelo d'água, visto que é uma construção de 1986 e nunca foi realizada nenhuma manutenção. Na área de construção civil um orçamento detalhado de todos os cenários propostos pelo presente trabalho, para que seja escolhido o cenário com menor custo de implantação. E por fim, um projeto executivo elaborado a partir das propostas realizadas pelo presente trabalho.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10897: Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13714: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, 2000.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14432: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimentos. Rio de Janeiro, 2000.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15802: Sistemas enterrados para distribuição e adução de água e transporte de esgotos sob pressão – Requisitos para projetos em tubulação de polietileno PE 80 e PE 100 de diâmetro externo nominal entre 63 mm e 1600 mm. Rio de Janeiro, 2010.

AZEVEDO NETTO, J.M.; ALVARES, G. M. Manual de Hidráulica. 8.ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1988.

BAPTISTA, M.; LARA, M. Fundamentos de Engenharia Hidráulica. Universidade Federal de Minas Gerais. 2006.

BRENTANO, T. Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações. 2.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2005.

CBMDF, CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. NT nº 01 – Exigências de Sistemas de Proteção contra Incêndio e Pânico das edificações do Distrito Federal. 2002.

CBMDF, CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. NT nº 02 – Classificação das Edificações de Acordo com os Riscos. 2000.

CBMDF, CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. NT nº 04 – Sistema de Proteção por Hidrante do Distrito Federal. 2000.

COUTO, L. M. M. Elementos da Hidráulica. Editora Universidade de Brasília. 2012.

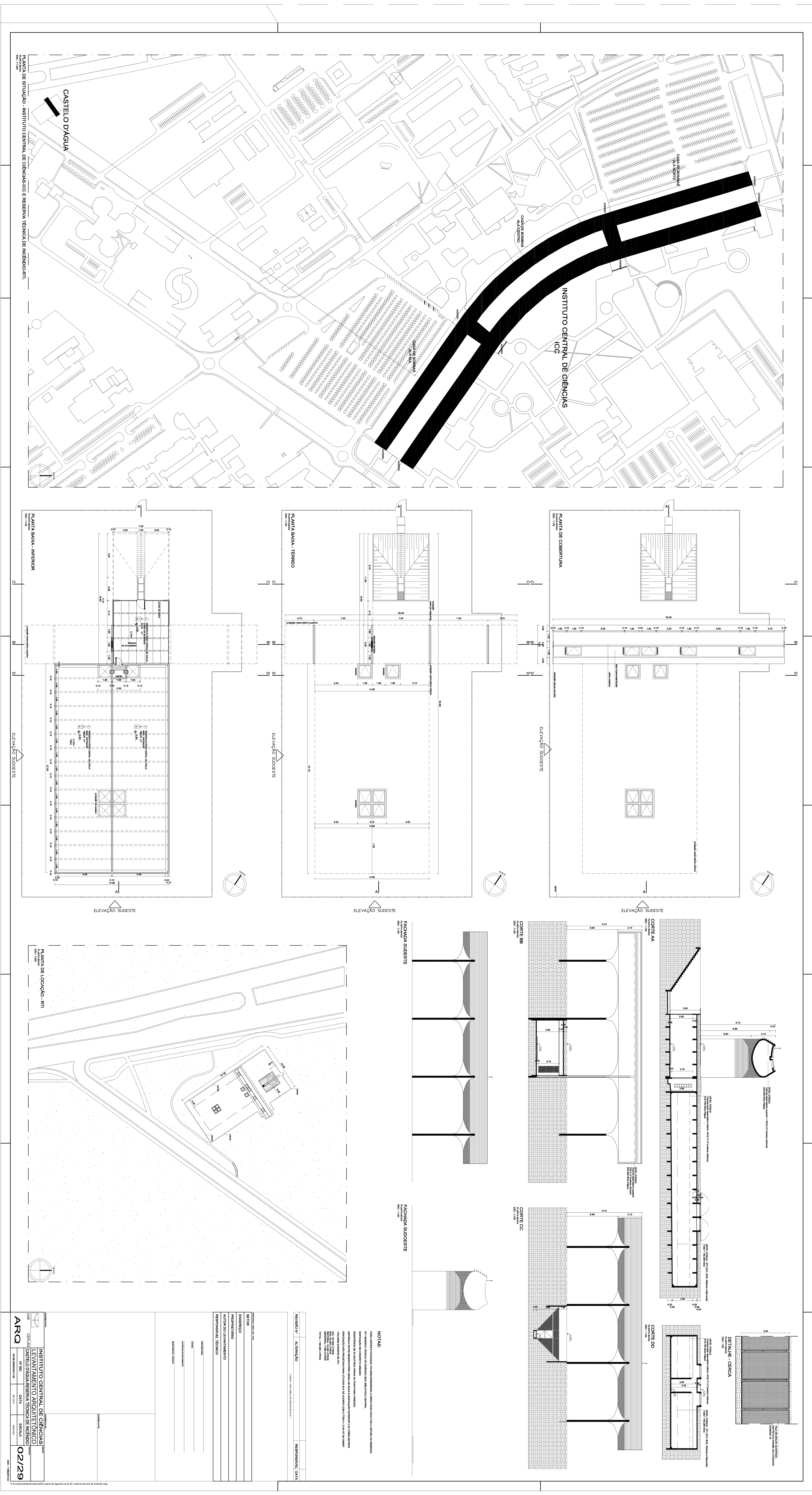
CREDER, H. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. 6ª ed., Rio de Janeiro: LTC, 2006.

MACINTYRE, A. J. Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais. 2.ed. Rio de Janeiro: ED. Guanabara, 1988.

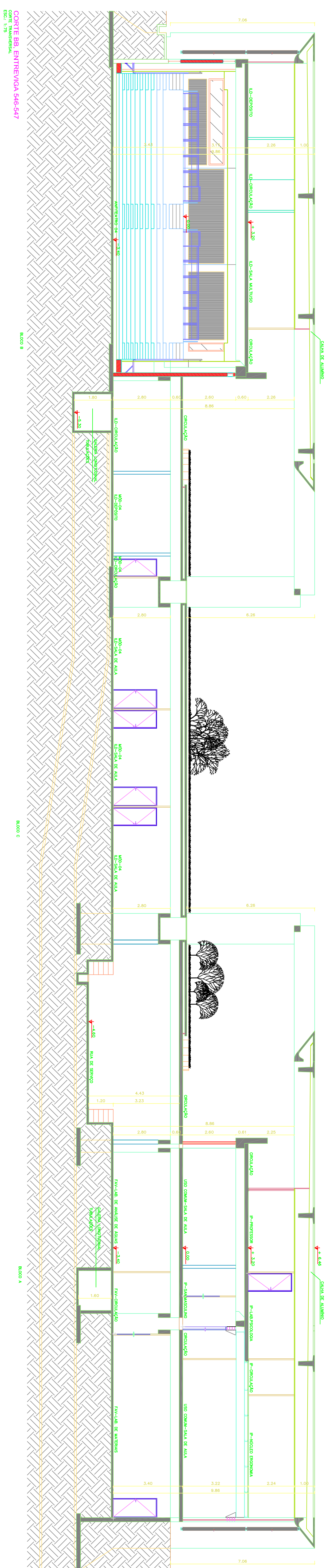
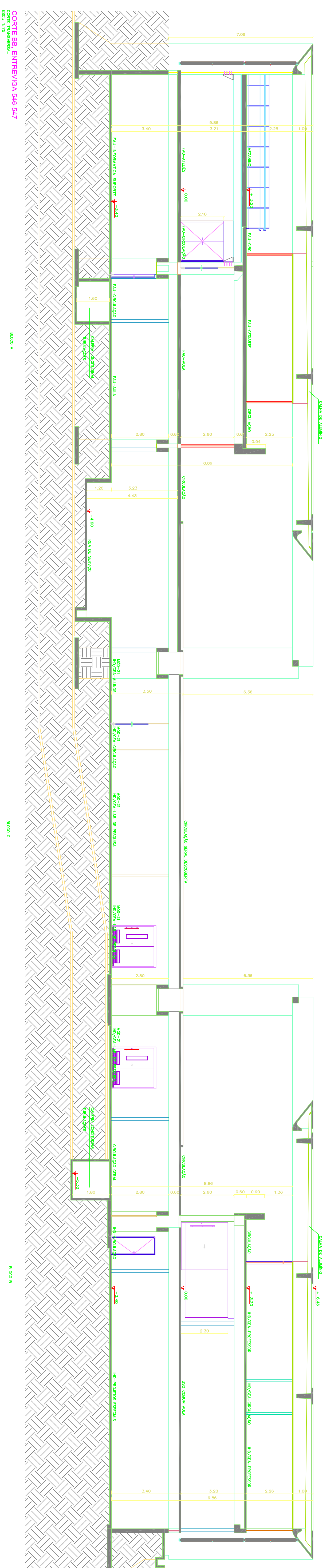
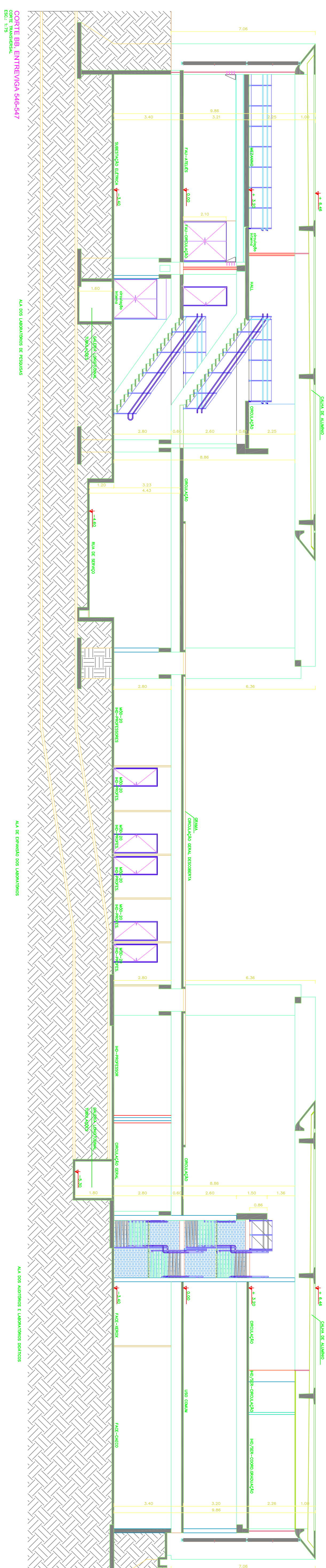
OLIVEIRA, RUI. Reservação de água para abastecimento contínuo e estudo do consumo de água e medidas para redução de perdas na Universidade de Brasília – Campus Darcy Ribeiro. Monografia de Projeto Final 2. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, 2018.

PEREIRA, Áderson Guimarães; POPOVIC, Raphael Rodriguez. Tecnologia em Segurança contra Incêndio. São Paulo: LTR, 2007.

Anexo A - Planta do Castelo d'água



CPGZQ"D"/"Rnpvc'f g"eqtvg"f q"KpuKwmg"Egpytch'f g"Ek'p eku"

[illegible]

**APÊNDICE A - LEVANTAMENTOS DOS COMPONENTES DO SISTEMA DE HIDRANTES
NO INSTITUTO CENTRAL DE CIÊNCIAS (ICC)**



Bloco B – Subsolo 027
Sem mangueira e adaptador



Bloco B – Subsolo 072
Apresenta todos os componentes



Bloco B – Subsolo 123
Sem mangueira e adaptador



Bloco B – Subsolo 221
Sem mangueira e adaptador



Bloco B – Subsolo 261
Com mangueira de 15m e adaptador



Bloco B – Subsolo 309
Sem mangueira e adaptador



Bloco B – Subsolo 342
Sem mangueira e adaptador



Bloco B – Subsolo 383
Sem mangueira e adaptador



Bloco B – Subsolo 423
Sem mangueira e adaptador



Bloco B – Subsolo 522
2 mangueiras de 15m com adaptadores



Bloco B – Subsolo 567
Sem mangueira e adaptador



A última inspeção segundo fotos dos abrigos foi
em 30/01/2008



Bloco B – Primeiro andar 063
2 mangueiras de 15m sem adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 072
2 mangueiras de 15m sem adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 120
2 mangueiras de 15m sem adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 165
2 mangueiras de 15m sem adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 258
2 mangueiras de 15m sem adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 306
2 mangueiras de 15m sem adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 348
2 mangueiras de 15m sem adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 387
2 mangueiras de 15m sem adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 432
1 mangueira sem adaptador



Bloco B – Primeiro andar 477
Apresenta todos os componentes



Bloco B – Subsolo 528
2 mangueiras de 15m com adaptadores



Bloco B – Subsolo 573
2 mangueiras de 15m com adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 624
2 mangueiras de 15m com adaptadores



Bloco B – Primeiro andar 669
Sem abrigo de incêndio

Observação: O abrigo de incêndio da 219 do primeiro andar não possui 2 mangueiras sem esguichos.

O levantamento dos componentes de cada hidrante está resumido na Tabela 1.

Tabela 1 – Levantamento dos componentes dos hidrantes no ICC

Localização	Mangueira	Adaptador	Condição
BSS - 027	0	0	Não conforme
BSS - 072	1	1	Não conforme
BSS - 123	0	0	Não conforme
BSS - 221	0	0	Não conforme
BSS - 261	1	0	Não conforme
BSS - 309	0	0	Não conforme
BSS - 342	0	0	Não conforme
BSS - 383	0	0	Não conforme
BSS - 423	0	0	Não conforme
BSS - 522	2	1	Conforme
BSS - 567	0	0	Não conforme
B1 - 063	2	0	Não conforme
B1 - 072	2	0	Não conforme
B1 - 120	2	0	Não conforme
B1 - 165	2	0	Não conforme

Localização	Mangueira	Adaptador	Condição
B1 - 219	2	0	Não conforme
B1 - 258	2	0	Não conforme
B1 - 306	2	0	Não conforme
B1 - 348	2	0	Não conforme
B1 - 387	2	0	Não conforme
B1 - 432	1	1	Conforme
B1 - 477	1	1	Conforme
B1 - 528	2	2	Conforme
B1 - 573	2	2	Conforme
B1 - 624	2	2	Conforme
B1 - 669	0	0	Não conforme

Dos 26 hidrantes levantados apenas 6 estão de acordo com a norma, o que representa 23,07% dos abrigos de incêndios. A falta de adaptadores e mangueiras pode se dá por vários motivos, tais como, vandalismo, furto e ausência de manutenção pela Universidade de Brasília. Segurança ao patrimônio e principalmente à vida de seus ocupantes é um ponto de extrema importância. Este levantamento foi realizado com o objetivo de auxiliar a Universidade a tomar providências.